

Bestäubungshandbuch

für Gärtner, Landwirte und Imker

Sammlung eigener Untersuchungen und Zusammenfassung der Fachliteratur

Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Stefan Mandl
Arbeitsgemeinschaft Bienenforschung
an der Universität für Bodenkultur Wien
stefanmandl@yahoo.de
0043/6991/3922400

Insektenpollination oder Insektenbestäubung in der Agrokultur ist die Übertragung von Pollen durch Insekten auf verschiedene Pflanzen zum Zwecke einer erfolgreichen Befruchtung, um die Quantität und Qualität des Ertrages bei Pflanzenkulturen für den menschlichen oder tierischen Gebrauch zu erhöhen.

Table of Contents

EINLEITUNG.....	6
Geschichte:.....	6
Wert der Honigbiene:.....	7
Volkswirtschaftlicher Wert der Honigbiene:.....	8
Pollenanalyse und Bestäubung – Einführung und praktischer Wegweiser:.....	10
Nachweis der Bestäubungsleistung der Honigbiene:.....	21
Gentechnisch veränderte Pflanzen:.....	22
Nektar:.....	24
Pollen:.....	25
BESTÄUBUNGSINSEKTEN.....	25
Die Honigbiene (<i>Apis mellifera</i>):	25
Allgemeines.....	25
Nektar- und Pollenbedarf.....	27
Nektar- und Pollensammeln.....	28
Die Hummel (<i>Bombus</i> spp.) nach Delaplane (2000):	28
Solitäre Bienen:	30
Die Alkalibiene (<i>Nomia melanderia</i>) nach Delaplane (2000):.....	30
Die Blattschneiderbiene (<i>Megachile rotundata</i>) nach Delaplane (2000):.....	30
Die Mauerbiene (<i>Osmia</i> spp.) nach Delaplane (2000):.....	32
Einführung in die Bienenhaltung:.....	34
Bienenwohnung.....	34
Aufstellungsplatz.....	34
Arbeitsschritte im Jahresverlauf.....	34
Gefahr beim Import von nicht einheimischen Bestäubern:.....	35
Natürliche Habitate:.....	36
BESTÄUBUNGSMECHANISMEN.....	36
Magnetfeld der Biene:.....	36
Reichweite:.....	36
Blütenstet:.....	37
Zeitpunkt des Fluges:.....	38
Pollensammlerinnen sind effektiver:.....	38
BESTÄUBUNGSMANAGEMENT.....	39
Das richtige Bienenvolk:.....	39
Bienendichte:.....	40
Aufstellungsmuster:.....	41
Zeitpunkt der Aufstellung:.....	42
Konkurrenzpflanzen:.....	43
Das Ausbringen von Fremdpollen mit Bestäubungsvölkern:.....	43
Fütterung:.....	45
Konditionierung:.....	45
Öffnungszeitpunkt des Fluglochs:.....	45
Lockstoffe:.....	46

„Ältere Geschwister“:	46
Zielfütterung:	46
Erfahrene Völker:	47
Bestäubung unter Glas:	47
Spritzmittelproblematik:	52
Vergiftung von Grund und Boden:	52
Beizmittel:	53
Insektizide:	53
Fungizide:	53
Maßnahmen gegen Pestizide in unserer Umwelt:	53
Verhalten in der Nähe der Bienenvölker:	59
Kostenkalkulationen:	60
KULTUREN	62
Apfel (<i>Malus domestica</i> BORKH.):	62
Birne (<i>Pyrus</i> L.):	67
Bohnen (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.):	71
Brombeere (<i>Rubus fruticosus</i> L.):	73
Buchweizen (<i>Fagopyrum esculentum</i> MOENCH):	75
Dill (<i>Anethum graveolens</i> L.):	80
Erdbeere (<i>Fragaria</i> L.):	80
Fenchel (<i>Foeniculum vulgare</i> (L.) MILL.):	83
Gurke (<i>Cucumis sativus</i> L.):	84
Heidelbeere (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.):	87
Himbeere (<i>Rubus idaeus</i> L.):	92
Karotte [Möhre] (<i>Daucus carota</i> L.):	95
Kirsche (<i>Prunus avium</i> L., <i>Prunus cerasus</i> L.):	98
Kiwi (<i>Actinidia deliciosa</i> A. CHEV.):	105
Klee	107
Inkarnat-Klee (<i>Trifolium incarnatum</i> L.):	107
Rotklee (<i>Trifolium pratense</i> L.):	110
Steinklee (<i>Melilotus</i> MILL.):	118
Weißklee (<i>Trifolium repens</i> L.):	121
Kraut und andere kruzifere Samen (<i>Brassica oleracea</i> L.):	125
Kürbis und Melone (<i>Cucurbitaceae</i> JUSS.)	127
Lein (<i>Linum</i> L.):	131
Luzerne (<i>Medicago sativa</i> L.):	137
Mandel (<i>Prunus dulcis</i> (MILL.) D.A. WEBB):	145
Marille [Aprikose] (<i>Prunus armeniaca</i> L.):	148
Mohn (<i>Papaver</i> L.):	151
Pfirsich und Nektarine (<i>Prunus persica</i> (L.) BATSCH):	152
Raps (<i>Brassica napus</i> L.):	156
Einleitung	159
Material und Methoden	160

Ergebnisse	161
Zusammenfassung und Diskussion	162
Ribisel [Johannisbeere] (<i>Ribes</i> L.):	168
Saflor (<i>Carthamus tinctorius</i> L.):	170
Sojabohne (<i>Glycine max</i> (L.) MERR.):	172
Sonnenblume (<i>Helianthus annuus</i> L.):	176
Spargelsamen (<i>Asparagus officinalis</i> L.):	185
Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.):	187
Weinrebe (<i>Vitis vinifera</i> L.):	189
Zuckerrübensamen (<i>Beta vulgaris subsp. vulgaris var. altissima</i> DÖLL.):	194
Zwetschke [Pflaume] (<i>Prunus domestica</i> L.):	195
Zwiebelsamen (<i>Allium cepa</i> L.):	200
Literaturnachweis:	204

EINLEITUNG

Lange hat es so ausgesehen, als ob die Bienenhaltung im deutschsprachigen Raum nur mehr als Erinnerung an die „gute alte Zeit“ verbleiben könnte. Die Imkerei wird fast ausschließlich als Hobby betrieben (durchschnittlich 10 Völker/Imker), wobei das Durchschnittsalter der Imker bei 65 Jahren liegt, so sind Imker mit 85 Jahren in Österreich keine Seltenheit.

Viele dieser Imker schaffen es nicht, die Überlieferungen und ihre Erfahrungen über die standortangepasste Bienenhaltung an jüngere Generationen weiterzugeben und somit geht uraltes Wissen unwiederbringlich verloren.

So sind Gemeinden ohne Honigbienenhaltung leider nicht mehr die Ausnahme.

Der Grund des fehlenden Interesses an der Bienenhaltung hat mehrere Gründe. Im internationalen Vergleich hat die heimische Bienenhaltung sehr schlechte Karten: Die Honigerträge sind gering, wegen der kalten Winter muss Zucker gekauft werden, die Lohnkosten sind hoch, es gibt sehr geringe Bestäubungsprämien und die Honigpreise orientieren sich am Weltmarkt. So kann ein europäischer Imkereibetrieb nicht z.B. mit einem südamerikanischen oder asiatischen mithalten. Dort werden rund 5 mal so hohe Honigernten erzielt, es gibt keine kalten Winter, deswegen keinen Zuckerbedarf, sehr niedrige Lohnkosten, durch die lange Vegetationsdauer hohe Bestäubungsprämien pro Jahr und der Honig wird nach Europa exportiert zum gleichen Großhandelspreis.

Dadurch ist in unseren Breiten eine gewinnbringende Imkerei schwer möglich.

Geschichte:

Die älteste nachgewiesene Honigbiene (*Trigona prisca*) ist rund 80 Millionen Jahre alt und sieht unserer heutigen Biene verblüffend ähnlich, daher ist anzunehmen, dass die Ahnenreihe unserer Bienen wesentlich weiter zurückreicht. Die Entwicklung der Blühpflanzen geht Hand in Hand mit dem Auftreten der bestäubenden Insekten, nur gemeinsam war diese Evolution der fein abgestimmten Bestäubungsmechanismen in der Blütenbiologie möglich.

Diese Jahrtausende dauernde gemeinsame Evolution führte zu sehr intensiv verwobenen Abhängigkeiten zwischen Pflanzen und Insekten und in Folge zu einer Schlüsselposition der Honigbiene als Hauptbestäuber in unserem Ökosystem.

Die Nutzung der Bienenprodukte durch den Menschen hat eine relativ kurze Geschichte, beginnend vor rund 40 000 Jahren durch Entnahme von Honigwaben bei wildlebenden Bienenvölkern. Diese durch Höhlenzeichnungen dokumentierte wahrscheinlich recht schmerzvolle Tätigkeit war für die Ernährung und Gesundheit unserer Vorfahren von großer Bedeutung und hat sich im Laufe der Jahrtausende zu einer modernen Bienenhaltung entwickelt.

Das in unserem Gebiet bis ins finstere Mittelalter hinein praktizierte Nutzen der wildlebenden Bienenvölker

durch Honigentnahme hat sich teilweise noch in unserem Sprachgebrauch und Redewendungen erhalten. Das „Beute machen“, „Erbeuten“, „Ausbeuten“ im Zusammenhang mit der Nutzung dieser Ressourcen hat sich auch im imkerlichen Fachbegriffe der „Beute“ für die Bienenwohnung bis heute erhalten. Im Slawischen heißt Wohnung heute noch „byt“, und weist auf diese Wurzeln hin, eine andere Sprachwurzel leitet sich aus dem althochdeutsch her.

Jedoch war weit früher durch die Sesshaftwerdung des Menschen eine intensivere Nutzung der Honigbienen möglich, so gibt es Nachweise einer aktiven Bienenhaltung seit rund 10000 Jahren.

In vielen Kulturen und Gebieten war die Bienenhaltung hochentwickelt und bestimmten Bevölkerungsgruppen als Privileg vorbehalten. So z.B. in Mesopotamien, Ägypten später Griechenland und dem römischen Reich bis hin zur Waldbienenhaltung (dem Zeidlerwesen) im heutigen deutschsprachigen Raum.

Bereits den Ägyptern war der Zusammenhang Honigbiene, Blüte und daraus resultierende Ernte bekannt.

Unter Karl dem Großen (um 800 n. Chr.) wurden zu Bildungszwecken Musterlandwirtschaften und –gärten angelegt, bei denen sorgfältigst auf das Vorhandensein von Honigbienen zur Bestäubung Wert gelegt wurde.

So lag im Raum um Nürnberg in der Hochblüte der Waldbienenhaltung im 15. Jahrhundert die Bienenpopulation bei 77 Bienenvölkern pro Quadratkilometer (Täter, 1993). Durch die Reformation und dem damit verbundenen Rückgang des Wachsbedarfes der Kirchen und die Entdeckung des Zuckers als billigen Honigersatz war der Niedergang der Bienenhaltung vorgezeichnet.

Dies führte zu einem Rückgang der Bienenpopulation auf weniger als ein Bienenvolk pro km².

Wert der Honigbiene:

Will man nun den Wert der Honigbiene durch Aufzählen ihres Nutzens für uns Menschen und unsere Umwelt dokumentieren, ist dies aufgrund der Vielzahl der positiven Aspekte ein recht langwieriges Verfahren.

Hier seien einige der wichtigsten Gründe des Vorhandenseins der Honigbiene aufgezählt:

1. Die Bestäubung der Blühpflanzen durch das Transportieren des Pollens von einer Blüte zur nächsten. Dadurch wird wie in vielen wissenschaftlichen Untersuchungen belegt, der Ertrag an Samen oft überhaupt erst ermöglicht oder zumindest wesentlich gesteigert. Bei landwirtschaftlichen Nutzpflanzen kommt dies direkt durch eine Einkommenserhöhung der Landwirte, bei Wildpflanzen durch deren Erhaltung und Vermehrung zur Geltung. Bessere Bestäubung bedeutet mehr Samen, somit auch mehr Nahrung für Mensch und Tier.
2. Nutzung der Bienenprodukte für den Menschen: Honig, Wachs, Pollen, Propolis, Gelee royal, Bienengift, Bienenbrot, Bienenluft in manchen Kulturen auch die Puppen als Nahrung.
3. Arbeitsplätze und damit Einkommen für die mit der Bienenhaltung beschäftigten Menschen.
4. Schutz von gefährdeten Blühpflanzen durch die intensive Bestäubung, und durch vermehrte Samenbildung Nahrungsquelle für gefährdete Tierarten.
5. Nahrungsquelle für Insektenfresser: Durch die große Anzahl an Individuen, die ein Bienenvolk pro Jahr hervorbringt, dient es einer Vielzahl von Insektenfressern als wichtiger Bestandteil der Nahrungspalette und trägt

zu deren Überleben bei. So sind z.B. in der Nähe von Bienenständen signifikant mehr Ameisennester und mehr Singvögel. Gerade Jungvögel sind auf tierisches Eiweiß angewiesen, hier spielt die Honigbiene eine entscheidende Rolle.

6. Düngewirkung der Honigbiene: Jedes Bienenvolk produziert pro Jahr rund 50 kg Biomasse, die in der nahen Umgebung des Volkes wieder als Dünger in den Kreislauf eingebracht werden.

7. Honigbiene als Forschungsobjekt: Das Verhalten und die Leistungsfähigkeit der Honigbiene werden seit langem intensiv weltweit erforscht und es werden beachtliche Erkenntnisse gewonnen. So z.B. wird versucht ihr Organisationssystem auf moderne Computer zu übertragen oder die Bienen werden verwendet zum Aufspüren von Minen.

8. Wert durch die Gesunderhaltung der Menschen durch den Verzehr von Bienenprodukten

9. Wertschöpfung durch die Weiterverarbeitung von Bienenprodukten

10. Schutz der Pflanzen vor Fraßschädlingen: Bei Bienenständen sind signifikant mehr Ameisen, diese erbeuten täglich eine große Anzahl Raupen und Puppen; somit tragen die Bienen dazu bei, die Fraßschädlinge unter der Schadschwelle zu halten. Aktuelle Versuche von Professor Tautz, Würzburg, haben gezeigt, dass die Schwingungen der Bienenflügel Fraßschädlinge in Stress versetzen und sie somit in der Entwicklung hemmen.

11. Förderung der Ameisen: Unsere Untersuchungen haben ergeben, dass bei Honigbienenständen signifikant mehr Ameisenarten und größere Ameisenvölker vorhanden sind als bei Plätzen ohne Honigbienen. In Anbetracht der wichtigen ökologischen Funktion der Ameise ist das ein durchaus bedeutender Aspekt in der Honigbienenhaltung.

Diese Liste könnte noch viele Punkte beinhalten, und es sind sicher noch einige Aspekte des Zusammenhanges Honigbiene – Ökosystem noch nicht erforscht.

Abschließend bleibt die Erkenntnis, dass durch die Honigbiene das Ökosystem, wie wir es heute kennen, erst ermöglicht wurde und ein Verschwinden der Biene nicht abschätzbare Folgen auf die Natur und den Menschen hätte.

Seit wir mit der Imkerei begonnen haben, ist eine Trendumkehr in der Bienenhaltung zu erkennen, durch unseren Völkerbestand und durch die Bienenvölker der Imker, die durch unsere Form der Bienenhaltung motiviert wurden, ihre Bestände wesentlich zu erhöhen.

Volkswirtschaftlicher Wert der Honigbiene:

Der volkswirtschaftliche Nutzen der Honigbiene setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen:

-) Bienenprodukte
-) Bestäubungsleistung
-) Beschäftigungspotenzial
-) Gesundheitswert durch Verwendung von Bienenprodukten (Volksgesundheit)
 - vor- und nachgelagerte Wirtschaftszweige
-) Forschungswert
-) Markenwert

Die jährliche Summe an Bienenprodukten in Österreich (Stand 2008)

10 000 t Honig

100 t Bienenwachs

Pollen, Bienenbrot, Propolis, Gelee royal, Bienengift, Apilarnil, Königinnen, Bienenluft, Weiselzellen, Ableger
Gesamtwert rund 90 Mio. Euro

Wert der Bestäubungsleistung in Österreich

Verschiedene wissenschaftliche Arbeiten über den Volkswirtschaftlichen Wert der Bestäubungsleistung kommen trotz ihrer recht starken Schwankungen zum Schluss, dass der Bestäubungswert rund das 10-fache der Summe der Bienenprodukte beträgt. Für Österreich bedeutet das einen Bestäubungswert von 900 Mio. Euro pro Jahr.

Literaturüberblick über den volkswirtschaftlichen Wert der Honigbienenbestäubung:

Nach Free (1993)

Borneck u. Merle (1989)	4,7 Mrd. Ecu in der Euro 15-Zone
O'Grady (1987)	6,4 Mrd. Dollar in den USA
Robinson et al. (1989)	9,3 Mrd. Dollar in den USA
Soldatov (1976)	15,6 Mill. ha brauchen Honigbienenbestäubung in USSR
Matheson u. Schrader (1987)	2,3 Mrd. USDollar in Neuseeland
Barclay u. Moffett (1984)	65% der Wildpflanzen werden von Honigbienen bestäubt

Gesundheitswert

Der größte Wert ergibt sich jedoch durch die Verwendung der Bienenprodukte für den menschlichen Bedarf. Der Verzehr von Honig und Pollen oder der medizinischen Gebrauch von Propolis, Bienengift, Gelee royal usw. trägt zur Erhaltung der Gesundheit jedes einzelnen bei und wirkt somit steigernd auf das Bruttosozialprodukt (Gesamtleistung der Bevölkerung) wie auch senkend auf die Kosten des staatlichen Gesundheitssystems.

Genauere Zahlen dazu liegen leider nicht vor und die Recherche würde den Umfang dieser Arbeit sprengen, aber man kann sich vorstellen, welchen Wert es für jeden persönlich und im allgemeinen für den Staat hat, wenn man durch Bienenprodukte auch nur einen Tag im Jahr weniger krank ist.

Markenwert

Die Honigbiene und ihre Produkte haben ein positives Image (Gesundheit, Fleiß, Natur, Nützlichkeit, Tradition, Stabilität, Ausdauer, Loyalität und eine Vielzahl weiterer positiver Aspekte) und werden deshalb im täglichen Wirtschaftsleben verwendet, um verschiedene Produkte oder Dienstleistungen zu bewerben und besser zu

verkaufen.

Es gibt amerikanische Untersuchungen, wie viel verschiedene Marken großer Konzerne wert sind: So ist die Marke Coca Cola mehrere Milliarden Euro wert.

Der Markenwert der Honigbiene wurde nicht erhoben, da es glücklicherweise dafür keiner Lizenz bedarf und jeder die Marke frei verwenden darf. Geht man nun mit offenen Augen durch den Tag, so wird man auf den unterschiedlichsten Produkten einen Hinweis auf Bienen finden: Spielzeug, Babywindeln, Kleidung, Souvenirs, Häusern, Firmenlogos, Sparbüchern und vielem mehr. Die Marke Honigbiene wird jedenfalls für viel mehr Produkte und Dienstleistungen verwendet als irgendeine andere Marke der Welt. Daraus lässt sich auch ihr enormer Wert schließen.

Nicht immer war das Nutzen der Marke „Honigbiene“ frei für alle, so war im alten Ägypten die Hieroglyphe „Honigbiene“ ausschließlich dem Pharao vorbehalten als Symbol seiner Herrschaft und seinen Untertanen die Verwendung per Todesstrafe verboten. Das Nutzen der Marke Honigbiene als Herrschaftssymbol hat sich im Laufe der Geschichte mehrmals wiederholt, einer der bekanntesten Vertreter war Napoleon.

Pollenanalyse und Bestäubung – Einführung und praktischer Wegweiser:

Gastkapitel von Hermann Pechhacker

1. Der Blütenstaub oder Pollen

Der Pollen ist die männliche Samenzelle der Pflanze. Jede Pflanze hat ein für sie in seiner Form, Struktur und Größe ganz typisches Pollenkorn. Der Pollen ist daher eine Art „Fingerabdruck“ der Pflanze. Da das Pollenkorn aus einem sehr widerstandsfähigem Material besteht, hinterlassen Pflanzen überall in der Natur ihre „Fingerabdrücke“ – z.B. findet man heute noch in den Sedimenten aus den verschiedenen erdgeschichtlichen Perioden die Pollenkörner der damaligen Pflanzen.

Beim Sammeln ihrer Nahrung (Pollen selbst, Nektar und Honigtau) kommen die Bienen mit dem Blütenstaub in Kontakt und bringen ihn in den Stock. Der Pollen findet sich dann im Haarkleid, in der Pollenladung an den Hinterbeinen und in der Honigblase der Bienen. Er findet sich dann selbstverständlich auch im eingelagerten Pollen und im Honig.

In der Pollenanalyse kann man dann die botanische Herkunft des Honigs / des Pollens (von welcher Pflanze stammt der Pollen) und auch die geographische Herkunft des Honigs / Pollens (aus welcher Region eines Landes oder aus welchem Land bzw. Kontinent stammt der Honig / Pollen) erkennen.

2. Das Aussehen des Pollens und seine Bestimmung (Zuordnung zu „seiner“ Pflanzenart)

Entscheidend für die Charakterisierung der Pollenkörner sind die Größe (Länge und Breite in μ ; $1\mu = 0,001$ mm), die Anzahl und Gestaltung der Keimstellen, die Gestaltung der Exine (Außenhülle des Pollens) und der Aggregatzustand (Einzelkorn oder mehrere Pollenkörner sind zusammengeschlossen: die Pollenkörner der meisten Pflanzen erscheinen als Einzelkörner. Bei manchen Pflanzenarten treten jedoch auch Zusammenschlüsse von Pollenkörnern in Tetraden (z.B. Fam. Ericaceae) oder Polyaden (8, 16, 32 oder mehr Einzelpollen bilden ein Konglomerat; z.B. Fam. Mimosaceae) auf.

Die Größe der Pollenkörner liegt etwa zwischen 5 und 250 μ . Bei einigen wenigen Pflanzenarten kommen zwei

sehr unterschiedlich große Pollenformen vor (Pollendimorphismus).

Die Keimstellen (Aperturen) unterbrechen die Exine der Pollen. Aus ihnen quillt der Inhalt des Pollens (Pollenschlauch) bei der Befruchtung der weiblichen Samenanlage. Die Anzahl der Keimstellen ist für eine Pflanzen-Art (-Gattung, -Familie) meist sehr typisch. Es kommen Pflanzen mit keiner sichtbaren Keimstelle (inaperturater Pollen), mit einer (monocolpat oder monoporat; Gräser), mit zwei (dicolpat), drei (tricolpat; sehr viele Arten), vier, fünf, sechs und bis zu vielen Keimstellen vor.

Es gibt verschiedene Arten der Keimstelle: Pore (runde Öffnung; z.B. Poaceae = Gräser), Falte (längliche, spaltenförmige Keimstelle; z.B. Brassicaceae = Kreuzblütler), Porenfalte (in der Falte befindet sich eine Pore; z.B. Rosa pendulina). Es gibt auch Pflanzenarten, an denen an einem Pollenkorn sowohl Poren wie auch Falten vorkommen (heterocolpat; sehr selten) oder sich die Falten rund um das Pollenkorn ziehen (sycolpat; z.B. Berberis vulgaris). Art und Anzahl der Keimstellen sind in der Regel sehr typisch für eine Pflanzenart. Nur bei polyploiden Kultursorten weichen manchmal sowohl die Keimstellenart wie auch deren Anzahl stark von den Wildformen ab.

In der Exinestruktur werden für eine einfache Bestimmung folgende Unterscheidungen gemacht:

Die Exine ist glatt (psilat, z.B. Anchusa officinalis)

Die Exine ist warzig, Warzendurchmesser nicht größer als 1 μ (scabrat, z.B. Quercus robur)

Die Exine ist warzig, Warzendurchmesser größer als 1 μ (verrucat, z.B. Nigella damascena)

Die Exine ist bestachelt (echinat, z.B. Helianthus annuus)

Die Exine weist stäbchenförmige, an den Enden verdickte Skulpturen auf (clavat) oder stäbchenförmige Skulptur ohne verdickte Enden (baculat). Beide Exinestrukturen sind selten.

Die Exine ist gerieft (rugulat) oder gestreift (striat) – z.B. Acer-, Fragaria-, Rubus- oder Prunus-Arten.

Anhand dieser Merkmale wurde von Dr. G. Vorwohl (Universität Stuttgart-Hohenheim) ein einfacher Bestimmungsschlüssel erstellt. Dieser Bestimmungsschlüssel kann mit Bildern der Pollenkörner heute in einer EDV-unterstützten Pollenanalyse benutzt werden. Der Bestimmungsschlüssel und die Pollenbilder sind unter der Internetadresse „www.ages.at > Suche nach **ponet**“ abzurufen und bei der Pollenanalyse einsetzbar.

3. Die Beziehung Bienen – Blumen

Es ist allseits bekannt, dass die Bienen Blumen besuchen. Schon nicht mehr so sicher ist die Antwort auf Frage nach dem Warum: „Weil die Bienen die Blumen bestäuben müssen“. Fliegen die Bienen tatsächlich nur auf die Blumen, um sie zu bestäuben, oder haben sie einen anderen Grund?

Die Beziehung Biene : Blume ist eine über Jahrmillionen entstandene „Freundschaft“, um nicht zu sagen „Liebe“. Die vielen Bienenarten – und nicht nur diese – leisten der Pflanze den „Liebesdienst“ Bestäubung, um aber selbst einen Lohn dafür zu empfangen. Diese Beziehung Biene – Pflanze ist in der Natur ein Musterbeispiel der gegenseitigen Anpassung. Beiden Partnern wird gedient, keinem etwas genommen, was dem andern fehlen würde. Die harte Regel des „Fressen und gefressen werden“ wird hier durchbrochen.

4. Bestäubung

Der Pollen ist der männliche „Same“ der Pflanze. Er entsteht und reift in den Antheren oder Staubgefäßen, den männlichen Geschlechtsorganen der Pflanze. Bei der Bestäubung wird der Pollen auf die Narbe übertragen und es kommt zur Befruchtung des so genannten Embryosackkernes. Pollen und Embryosackkern haben einen einfachen Chromosomensatz und sie verschmelzen bei der Befruchtung. Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Befruchtung ist, dass der Pollen immer von einer Pflanze der gleichen Art stammt.

Selbstbestäubung bedeutet die Übertragung des Pollens von den Antheren auf die Narbe derselben Pflanze. Die Selbstbestäubung ist in der Natur eher selten (Inzucht!). Die Regel ist die Fremdbestäubung. Hier wird der Pollen von einer Pflanze auf die Narbe der Blüten einer anderen Pflanze der gleichen Art übertragen. Manche Pflanzen wenden raffinierte Tricks an, um einer Selbstbestäubung und damit einer Inzucht aus dem Weg zu gehen. In dem wunderbaren Film „Der Herr der Blüten“ von Volker Arzt und Karlheinz Baumann (Bestellnummer 4257883, Kreismedienzentrum, Raichbergstraße 81, D 72072 Tübingen, www.kmz-tuebingen.de) werden die Mechanismen der Bestäubung in einer einmaligen Art dargestellt.

5. Die Bestäuber

Der Pollen wird bei der Bestäubung auf verschiedene Weise von einer Blüte oder Pflanze zur anderen transportiert. Als Transporteure kommen Wasser (selten), Wind und Tiere in Frage.

Windbestäubung

Windblütige Pflanzen sind in der Natur zahlreich vertreten. Die Süß- und Sauergräser, die Nadelbäume, viele Laubbäume und andere Pflanzen sind windblütig. Die windblütigen Pflanzen haben kleine und unscheinbare Blüten, die keine Nektardrüsen besitzen. Wenn man aber die kleinen, tiefroten weiblichen Blüten der Hasel betrachtet, geizt auch hier die Natur nicht mit graziler Schönheit. Windblütler produzieren sehr viel Pollen. Die Pollenkörner der windblütigen Pflanzen sind meist groß und sehr leicht gebaut. Manche Pollenformen (Fichte, Tanne, Kiefer) weisen Luftsäcke auf, um besonders leicht vom Wind verfrachtet werden zu können. Bei der Windbestäubung gelangt der Pollen zufällig auf die weiblichen Organe der Pflanze. Der Pollen muss daher in der Natur möglichst reichlich und gleichmäßig verteilt sein. Bei den heimischen Pflanzen blühen meist auch keine windblütigen Pflanzen verschiedener Arten gleichzeitig, um sich nicht in die „Quere“ zu kommen. Über die Pollenmenge, die zum Beispiel bei einer Fichtenblüte freigesetzt wird, kann man sich anhand der schwefelgelben Wasserpfützen, Teiche, Seen oder Bäche ein Bild machen.

Insekten als Bestäuber

Viele verschiedene Insektenarten treten in der Natur als Bestäuber auf. Unter den Insekten sind die Bienen die wichtigsten Bestäuber. In Mitteleuropa kommen oder kamen neben der einzigen Honigbienenart über 600 verschiedene Bienenarten vor. Eine Reihe von Bienenarten ist aufgrund verschiedener Umwelteinflüsse aus manchen Gebieten bereits verschwunden. Das Ausräumen und die intensive Bewirtschaftung der Landschaft führt zu einer Verarmung der Pflanzenvielfalt und der Nistmöglichkeiten für die Bienen. Totholz, tote Pflanzenstängel, unbewirtschaftete „Unkrautflächen“ oder offene Sand- oder Lehmböschungen werden heute kaum mehr in der Landschaft geduldet – „das sieht ungepflegt aus“. Die so genannten Wildbienen oder Solitärbienen brauchen „ungepflegte“ Natur.

Von den Insekten sind noch die Schmetterlinge, die Wespen, Fliegen, Schwebfliegen, Käfer und andere Insekten

als Bestäuber zu nennen.

Vor allem in den Tropen kommen auch andere Tiere als Bestäuber in Frage. Am bekanntesten ist hier die Bestäubung durch die Kolibris (Vögel).

Besonders bei bestäubenden Insekten besteht oft eine ganze spezielle Anpassung zwischen Insekt und Pflanze. Es ist daher sehr oft problematisch, wenn Insekten oder auch Pflanzen in eine ihnen fremde Umwelt verbracht werden. ein paar Beispiele dazu:

Auf den Hawaii-Inseln gibt es eine Orchidee, die von einer relativ großen, autochthonen Wildbiene bestäubt wird. Diese steckt den Kopf in die Blüte und wird dabei von der Blüte eingeklemmt. Die Biene ist aber stark genug, um sich wieder los zu reißen. Dabei bestäubt sie die Blüte. Nach der Einfuhr der europäischen Honigbiene besuchte auch diese Biene die Orchidee. Die Honigbiene wird auch eingeklemmt, ist aber dann zu schwach, um sich los zu reißen. Sie bleibt in der Blüte stecken, stirbt eingeklemmt und blockiert damit aber auch die Bestäubung der Blüte.

Ein anderes, harmloseres Beispiel: Rotklee wurde bei der Kolonisation in Nordamerika importiert. Man konnte aber kaum vitalen Samen von Rotklee erzeugen, weil der geeignete Bestäuber fehlte. Erst als man die europäische Hummel und auch die Honigbienen importierte und zu den Rotkleeefeldern brachte, funktionierte die Samenproduktion beim Rotklee.

In Nepal wurden Honigproben von den verschiedenen Honigbienenarten untersucht. Die autochthonen Bienenarten *Apis cerana*, *A. dorsata*, *A. laboriosa* und die Zwerghonigbiene *A. florea* sammelten vorwiegend von heimischen Pflanzen Nektar und Pollen und bestäubten dabei diese Pflanzen. Die eingeschleppte europäische Honigbiene dagegen „spezialisierte“ sich vor allem auf eingeschleppte Unkräuter und Kulturpflanzen.

Diese Beispiele zeigen, wie wichtig es für die bodenständige Flora ist, dass auch die heimischen Bestäuber vorhanden bleiben – und umgekehrt, den viele Wildbienen brauchen auch „ihre“ Pflanze!

6. Die Partnerschaft Biene : Pflanze

Die Beziehung Bienen : Pflanzen ist eine über Jahrmillionen entstandene und bestens funktionierende Partnerschaft. Jeder Partner erbringt seine faire Leistung. Das kann so weit gehen, dass der eine Partner ohne den anderen nicht (über-)lebensfähig ist.

Partnerschaftliche Leistung der Pflanzen

Die Pflanze bietet den Bienen verschiedene Leistungen an, um sie zur Bestäubung anzulocken.

Das wichtigste Angebot ist die Nahrung für die Bienen. Nektar liefert den Rohstoff für den Honig. Er ist die Energienahrung für die Bienen. Er ist Nahrung, „Treibstoff“ zum Fliegen und Energie zum Heizen des Nestes. Der Pollen dient den Bienen zur Eiweiß- und Fettversorgung der Brut.

Nahrung und Duft sind die in der Regel von den Pflanzen an ihre Bestäuber verabreichten „Gastgeschenke“ – sozusagen die Belohnung für die erbrachte Bestäubungsleistung.

Die typische Form, die Farbe und der Duft der Blüten stellen eine Art Leitsystem für die bestimmte Pflanzenart dar, das die Bienen zur Nahrung und damit zur Bestäubung hinführt. Diese Pflanzenmerkmale können aber auch ein direktes Lockmittel sein. Beispiele gibt es vor allem unter den Orchideen. Die Blüten täuschen mit Form,

Farbe und Duft den Männchen bestimmter Bienen- oder Wespenmännchen einen Geschlechtspartner vor.

7. Mechanismen der Pflanze zur Sicherung der Bestäubung

Man hat festgestellt, dass eine Blüte rund sechsmal von einem bestäubenden Insekt besucht werden muss, um vollwertig bestäubt zu sein. Die Pflanzen bedienen sich zur Sicherung einer guten Bestäubung und der Vermeidung der Selbstbestäubung sehr effizienter Mechanismen.

Bei den insektenblütigen Pflanzen sind Staubgefäße und Narbe bzw. die floralen Nektardrüsen so angeordnet, dass eine Biene gezwungen ist, die Blüte zu bestäuben. Ein bekanntes Beispiel stellt der Schwarzkümmel (*Nigella arvensis*) dar: Zuerst werden die Staubgefäße reif. Sie beugen sich nach und nach soweit in Richtung Nektardrüsen herab, dass jede Biene am Rücken mit Pollen bepudert werden muss, wenn sie Nektar sammelt. Sind alle Staubgefäße einer Blüte abgereift, beugen sich die Griffel auf die gleiche Art auf den Rücken der Biene nach unten, so dass an der Narbe Pollen von anderen Blüten abgestreift werden muss.

Auch der „Hebelmechanismus“ des Wiesensalbei (*Salvia pratensis*) funktioniert auf ähnliche Weise. Dringt eine Biene zum Nektar vor, drückt sie sich mit einem Hebel die Staubgefäße auf den Rücken und Pollen wird auf dem Haarkleid dieser Biene abgeladen. Sind bei einer Blüte die Staubgefäße abgereift, wird die inzwischen herangereifte Narbe der Biene auf die gleiche Weise auf den Rücken gedrückt und es bleibt auf ihr Pollen (von einer anderen Blüte) kleben.

Die Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum*) hat eine Art Ampelregelung eingerichtet, um ihre Bestäuber zu jenen Blüten hin zu leiten, die noch eine Bestäubung brauchen. Mit den gelben Saftmalen signalisiert die Blüte den Bienen „Bitte komm, ich brauche dich. Ich bin noch nicht bestäubt“. In diesen Blüten fließt auch reichlich Nektar und Pollen ist reif. Sind die Saftmale rot, bedeutet dies, dass diese Blüte bereits von ausreichend vielen Bienen besucht wurde und daher gut bestäubt ist. In diesen Blüten gibt es weder Nektar noch Pollen.

Würde der Mensch so wie die Biene ultraviolettes Licht als eigene Farbe erkennen, könnte er auf einem Luzernefeld das gleiche beobachten: noch nicht bestäubte Blüten leuchten stark in der ultravioletten Farbe. Sind sie bestäubt, ändern sie die Farbe und leuchten für die Bienen nur mehr blau. Pflanzen haben offenbar ein Leitsystem entwickelt, um das Heer der Bestäuber optimal zu nutzen.

Das Zusammenspiel zwischen Bestäuber und Pflanze ist bei den solitären Wildbienen ganz besonders ausgeprägt. So kommt es vor, dass eine bestimmte Biene nur Kronblätter von der Blüte einer ganz bestimmten Pflanzenart zum „Austapezieren“ des Nestes benutzt, Nektar für die Eigenversorgung der Biene wird wieder von einer anderen ganz speziellen Pflanzenart gesammelt und der Pollen für die Brutvorsorge stammt wieder von einer anderen Pflanzenart. Stirbt eine dieser Pflanzen auf einem Standort aus, verschwindet auch die Bienenart von diesem Standort. Umgekehrt ist auch die Bestäubung der speziellen Pflanzenarten nicht mehr gesichert, wenn z.B. durch fehlende Nistmöglichkeiten die Bienenart ausstirbt. Honigbienen „interessieren“ sich in der Regel nicht für solche meist seltene Pflanzen.

8. Gegenseitige „Betrügereien“

Man spricht in der Beziehung zwischen Biene und Blume gerne von einer Liebesbeziehung. Scheinbar gibt es auch in dieser Beziehung so ähnlich wie in den Liebesbeziehungen der Menschen Seitensprünge und Betrügereien durch beide Partner.

Manche Pflanzenarten täuschen den Bienen- oder Wespenmännchen in ihrer Blütenform und Farbe die Form des Geschlechtspartners (Weibchen) vor. Sogar der Duft der Blüte entspricht dem Sexualduft des

Insektenweibchens. Wenn sich das Insektenmännchen abmüht, um die Blüte (= das vermeintliche Weibchen) zu begatten, werden ihm zum Beispiel bei manchen Orchideen ganze Bündel von Staubgefäßen auf die Stirn geklebt. Das „gehörnte“ Insektenmännchen versucht unverdrossen, mit einer anderen Blüte zu kopulieren und dabei wird diese Blüte mit dem Pollen des „Geweihes“ bestäubt. Das Antherenbündel wird das Insektenmännchen erst wieder los, wenn die Staubbeutel verbraucht sind. Dann lässt die Wirkung des Klebstoffes nach. Für die Drohnen der Honigbienen trifft dies nicht zu, sie besuchen keine Blüten.

Aber auch die Bienen „betrügen“ gelegentlich die Pflanzen, indem sie so genannten Nektarraub begehen. So beißen die Hummeln zum Beispiel die langen Kronröhren der Pferdebohnenblüten (*Vicia faba*) ganz hinten nahe dem Kelch auf, um so bequem zum Nektar zu gelangen., ohne dass die Blüte dabei bestäubt wird. Die Honigbiene ist selbst nicht in der Lage, solche Löcher zu beißen. Sie nutzt aber die Hummelbisslöcher ebenfalls zum Sammeln von Nektar aus. Pollensammlerinnen müssen dagegen auch bei der Pferdebohne immer effektive Bestäuber sein.

9. Die Bestäubungsleistung der Honigbienen

Hier ist da Wort „Bienenfleiß“ richtig am Platz.

Die „partnerschaftliche Leistung“ der Bienen und deren Auswirkung (aus menschlicher Sicht) sind durch viele Versuche ausführlich bewiesen und hier an anderer Stelle dargestellt. Durch gute Bestäubung wird Ertrag und Qualität vieler landwirtschaftlicher Nutzpflanzen und die Samenbildung und damit der Weiterbestand der Wildpflanzen gesichert.

Welche Leistungen die Bienen tatsächlich bei ihren Blütenbesuchen erbringen müssen, zeigten Kalkulationen (basierend auf Versuchsergebnissen) aufgrund der Honigblaseninhalte beziehungsweise des Honigertrages pro Bienenvolk und Tag und der Nektarmengen pro Blüte. In Zander und Maurizio (Der Honig. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart; 1984) sind Nektarwerte für Pflanzen angegeben. Dieser Nektarwert gibt an, wie viel Zucker in Form von Nektar die Blüte einer bestimmten Pflanze innerhalb von 24 Stunden erzeugt. Ein Bienenvolk kann an einem Schönwettertag mit guter Tracht Nektar für 3 – 4 kg Honig sammeln. Berücksichtigt man den Nektarwert, so kann man hochrechnen, wie viele ein Bienenvolk befliegen (und bestäuben) muss, um Zucker für 1 kg Honig zu sammeln. In der folgenden Tabelle ist diese Hochrechnung unter Berücksichtigung der Nektarwerte nach Zander für Sonnenblume und Himbeere dargestellt.

Anzahl beflogene Blüten durch ein Bienenvolk bei 3,5 kg Tageszunahme (rund 3 kg Zuckereintrag)

Pflanze	Nektarwert nach ZANDER pro Blüte und 24 Stunden	Anzahl der beflogenen Blüten		
		pro 1 kg Honig bei 100% (30 %) Nektarnutzung	pro Volk (100% Nektar-nutzung)	pro Volk bzw. Stand mit 30 Völkern (30% Nektarnutzung)
Sonnenblume	0,18 mg Zucker	5,6 (18,7) Mio.	16,8 Mio.	56 bzw. 1.683 Mio.

Himbeere	2,00 mg Zucker	0,5 (1,7) Mio.	1,5 Mio.	5,1 bzw. 153 Mio.
-----------------	----------------	----------------	----------	-------------------

Nektar kann aber von den Bienen nie 100-%ig ausgenutzt werden. Selbst die Annahme einer 30-%igen Ausnutzung ist sicher noch zu hoch gegriffen. Zusätzlich muss man noch bedenken, dass sehr viele Bienen neben dem Nektar auch noch Pollen (Blütenstaub) als Eiweißfutter für die Brut eintragen. Diese Pollensammlerinnen sammeln meist keinen oder nur ganz wenig Nektar. Man muss berücksichtigen, dass ein Bienenvolk durchschnittlich gleich viel Nektar für sich selbst verbraucht als es dann tatsächlich als Honig in den Waben einlagert. Es werden also für das Zustandekommen von 1 kg geernteten Honig sicher noch wesentlich mehr Blüten befliegen als in der Tabelle angenommen wurde.

In einem anderen Versuch (Institut für Bienenkunde) wurde der „Einkaufskorb“ = Inhalt der Honigblase untersucht. Die Honigblase ist der soziale Magen der Honigbienen, in dem Nektar und Honigtau eingetragen werden. Der Honigblaseninhalte gehört dem sozialen Organismus Bienenvolk. Die Einzelbiene nimmt sich daraus nur den notwendigen „Treibstoff“.

Wenn die erfolgreich von einem Sammelflug heimkehrenden Bienen Nektar gesammelt haben, kann man an den in der Honigblase enthaltenen Pollenkörnern mit großer Sicherheit auf die Pflanze schließen, von welcher diese Biene diesen Nektar gesammelt hat. Bei Sonnenblume und Himbeere und vielen anderen Pflanzen wurde anhand der Honigblaseninhalte der heimkehrenden Sammelbienen der durchschnittliche Eintrag aus einem Sammelflug in mg Zucker festgestellt.

Wenn man annimmt, dass eine Biene bei einem Sammelflug insgesamt mindestens 500 m vom Stock zu ihren Blüten, dort von Blüte zu Blüte und dann wieder zurück zum Stock fliegen muss, so kann man für 1 kg Honig aufgrund des Honigblaseninhalt hochrechnen, wie viel Bienen erfolgreiche Sammelflüge absolvieren müssen und wie viele km sie dabei insgesamt zurücklegen müssen, beziehungsweise wie viele Stunden sie dabei aufwenden müssen (siehe nachfolgende Tabelle) – bei einer durchschnittlichen Flugeschwindigkeit im gesamten Sammelflug von geschätzten 15 km pro Stunde. Bei freiem Flug legt die Biene zwischen 25 und 30 km / Stunde zurück, aber von Blüte zu Blüte ist wesentlich langsamer beziehungsweise verbringt sie Zeit auf der Blüte.

Durchschnittlicher Zuckereintrag (in mg) pro erfolgreichem Sammelflug und Schätzwerte für insgesamt geflogene km für 1 kg Honig (Annahme: durchschnittlich 500 m Flugstrecke pro erfolgreichem Sammelflug)

Trachtpflanze	Durchschnittl. Zuckereintrag pro erfolgreicher Sammelbiene	geschätzte Flugleistung für 1 kg Honig: erfolgreiche Bienen (insgesamt notwendige Ausflüge)
Sonnenblume	6,33 mg	78.998 km (349.549 Ausflüge)
Himbeere	11,43 mg	43.757 km (167.150 Ausflüge)
geschätzter Gesam-Zeitaufwand (für die insgesamt notwendigen Flüge)	-	Sonnenblume: über 23.000 Stunden Himbeere: über 11.000 Stunden - für 1 kg Honig!

Berücksichtigt man den bereits erwähnten Eigenverbrauch an Nektar und Pollen und den Umstand, dass sehr viele Bienen eines Bienenvolkes nur ausfliegen, um sich zu orientieren oder auch „erfolglos“ von einem Sammelflug heimkehren, so kann man ermessen, welche gewaltige Flugstrecken ein Bienenvolk für 1 kg Honig zurücklegen muss. Es werden für 1 kg Honig sicher zwei oder mehrere Erdumrundungen zurück gelegt. Für eine Erdumrundung verbraucht die Biene (im angenommenen „Staffellauf“) kaum mehr als einen Fingerhut voll Honig!

Ein Bienenvolk sammelt in einem Jahr durchschnittlich ~25 kg Honig, den der Imker auch ernten kann. 50 kg Nektar (entspricht ebenfalls ungefähr 25 kg Honig) verbraucht aber ein Bienenvolk für den laufenden Eigenbedarf. Ein Bienenvolk verbraucht im Jahr aber auch rund 50 kg Pollen. Betrachtet man die gesamte Jahresleistung eines Bienenvolkes, so kann man die ungeheure Anzahl beflogener und bestäubter Blüten und die insgesamt zurück gelegten Kilometer bzw. den notwendigen Zeitaufwand nur erahnen.

10. Wie kann ich die Bestäubungseffizienz der Bienen überprüfen

Für den Landwirt, aber auch für den Imker, kann es durchaus interessant sein, zu wissen, wie effizient die für die Bestäubung an der Kultur aufgestellten Bienenvölker tatsächlich in ihrer Arbeit sind. Es ist für den Landwirt auch von Interesse, zu wissen, welchen Konkurrenzpflanzen die Sammelbienen von der zu bestäubenden Kultur „weglocken“. Ein klassisches Beispiel für eine konkurrierende Pflanze ist der Raps bei der Erdbeerblüte. Die Erdbeerblüten müssen bestäubt werden, sind aber für die Bienen nicht sehr attraktiv und Raps dagegen zieht die Sammelbienen regelrecht an.

Untersuchung der Pollenhöschchen

Bienen, die Pollen sammeln, sind sichere Bestäuber, weil in der Regel Staubgefäße und Griffel so angeordnet sind, dass ein Insekt nicht um die Bestäubung herum kommt, wenn es Pollen sammelt. Die Biene bepudert sich beim Pollensammeln das Haarkleid mit Pollen und „kämmt“ sich dann den Pollen aus dem Haarkleid, um ihn dann für den Transport in den Stock in Form der so genannten Pollenhöschchen in den Körbchen an den Hinterbeinen zusammen zu packen.

Wie kann man die Pollenladungen sammeln

Heimkehrende Bienen am Flugloch abfangen und ihnen die Pollenladung abnehmen oder den Pollen zum Beispiel mit einer Pollenfalle (siehe Abb.) sammeln.

Ein Bienenvolk mit montierter Pollenfalle. Wenn die Bienen mit ihren Pollenladungen durch das Gitter in den Stock zurückkehren, wird ihnen der Pollen von den Hinterbeinen abgestreift. Die Pollenhöschchen fallen dann durch ein Gitter in die darunter befindliche Lade.



Herkunftsbeurteilung der Pollenhöschen nach Farbe

Der Pollen jeder Pflanze hat eine bestimmte Farbe.

Eine einfache Überprüfung der Bestäubungseffizienz der Bienen im Zusammenhang mit einer bestimmten Kulturpflanze: man fängt auf dieser Kulturpflanze eine Sammelbiene mit Pollenladungen ab, prägt sich die Farbe dieser Pollenhöschen ein und beobachtet dann am Flugloch wie viel Pollenbienen mit der entsprechenden Pollenfarbe heimkehren.

Eine exaktere Methode dazu ist die Benützung einer Pollenfalle. Eine spezielle Vorrichtung wird am Flugloch des Bienenstockes montiert. Die Bienen müssen bei der Heimkehr durch kleine Löcher schlüpfen und streifen dabei ihre Pollenladung von den Hinterbeinen ab. Die abgestreiften Pollenhöschen werden in einer „Pollenlade“ aufgefangen. Pro Bienenvolk kann man bei reichlichem Pollenangebot pro Tag bis zu 1 kg Pollen (z.B. auch für den menschlichen Genuss) sammeln. Die gesammelten Pollenladungen kann man dann nach Farbe sortieren und so durch Wiegen der einzelnen Pollenherkünfte den ungefähren prozentuellen Anteil jeder Pflanze ermitteln.

Abb.:

Die Pollenladungen aus der Pollenfalle. Außen herum sind sie bereits (in einem Bestäubungsversuch) nach den verschiedenen Farben = ihrer botanischen Herkunft sortiert.



Abb.:

Bienenbrot = von den Bienen als Vorrat in der Wabe eingelagerter, fermentierter Pollen. Auch hier sind die Farbunterschiede je nach pflanzlicher Herkunft erkennbar.



1. Herkunftsbestimmung der Pollenladungen unter dem Mikroskop

Bestimmt man dann die pflanzliche Herkunft des Pollens (der bestimmten Farbe) mittels Pollenanalyse unter dem Mikroskop, so kann die Bestäubungseffizienz eines Bienenvolkes für die bestimmte Kulturpflanze relativ

exakt erhoben werden.

Für die mikroskopische Analyse gibt man von den zu untersuchenden Pollenladungen eine kleine Menge Pollen auf einen Objektträger, entfettet diesen Pollen mit Alkohol oder besser mit Schwefeläther und lässt das Präparat trocknen. Will man die Pollenart nur flüchtig bestimmen (z.B. zur Kontrolle, ob die aussortierte Farbe auch tatsächlich mit der Pollenform der Kulturpflanze übereinstimmt), genügt es, einen Tropf Wasser auf die entfetteten Pollen zu geben und mit einem Deckglas abdecken und sofort unter das Mikroskop (Vergrößerung rund 450-fach) zur Untersuchung legen.

Will man den Pollen aber sehr genau bestimmen, ist es notwendig, den entfetteten Pollen mit Glycerin-Gelatine abzudecken, damit man den Pollen mit der bis zu 1000-fachen Vergrößerung (Ölimmersion) bestimmen kann. Dadurch erhält man auch ein Dauerpräparat, das man bei offenen Fragen auch an Spezialisten weitersenden kann.

Grundsätzlich ist es hier auch notwendig, ein so genanntes Vergleichspräparat (siehe Methode der Honigpollenanalyse) zumindest von der zu bestäubenden Kulturpflanze anzufertigen.

2. Analyse der Honigblaseninhalte

Fängt man heimkehrende Sammelbienen am Flugloch mit einem Netz ab (in dem man kurz vorher das Flugloch verschließt) und tötet sie (im Netz) sofort mit Dampf (eines Teewasserkochers) ab, so kann man sowohl den Inhalt der Honigblase wie auch die Pollenladungen auf ihre botanische Herkunft untersuchen. Diese Methode gibt eine sehr genaue Auskunft darüber, welche Pflanzen zu welchem Prozentanteil von den Bienen befliegen und damit bestäubt werden. Die Methode erfordert allerdings einige Übung beim Präparieren der Honigblase und es ist eine Untersuchung der Pollen des Honigblaseninhaltes unter dem Mikroskop notwendig.

3. Die Honigpollenanalyse

Der Blütenstaub im Honig, wie kommt er hinein und was sagt er aus

Der Pollen kommt auf verschiedenen Wegen in den Honig. Man unterscheidet drei verschiedene Einstäubungsarten, drei verschiedene Wege oder Ursachen, wie der Pollen in den Honig kommt.

Primäre Einstäubung

Der Pollen kommt schon beim Sammeln der Bienen in den Nektar und gelangt so in den Bienenstock und in den Honig. Wie viel Pollenkörner pro Gramm Honig dadurch tatsächlich in den Honig kommen, hängt sehr wesentlich vom Bau der Blüte ab. Aber auch die Größe und die Oberflächenstruktur des Pollens haben einen Einfluss, denn unterschiedlich große Pollen, oder glatte bzw. bestachelte Pollenkörner werden vom Ventiltrichter (Proventriculus) des Honigmagens der Biene zu unterschiedlichen Prozentsätzen bei der Honigreifung aus Nektar und Honig herausgefiltert und gelangen in den Verdauungstrakt der Biene und verbleiben nicht im Honig.

Kürbispollen ist groß (~120 μ) und stachelig ist im Honig sehr wenig zu finden, obwohl die Bienen sowohl Nektar als auch Pollen vom Kürbis sammeln. Auch der stachelige Sonnenblumen (Größe ~35 μ) ist sehr häufig unterrepräsentiert im Honig. Dagegen sind Vergißmeinchtpollen (mit ~8 μ sehr klein und glatt), Edelkastanienpollen (~18 μ und glatt) oder Rapspollen (~26 μ , ebenfalls relativ glatt) im Honig stark überrepräsentiert. Bei Linde hängen die Blüten immer nach unten und Pollen fällt daher beim Nektarsammeln der Bienen nicht (hinauf) in den Nektar. Beim Raps dagegen sind die Blüten nach oben ausgerichtet. Sammelt

die Biene Nektar, so rieselt Pollen von oben (von den Antheren) in den Nektar.

Sekundäre Einstäubung

Im Laufe der Honigreifung gelangt ebenfalls Pollen in den Honig. Der an den Haaren der Bienen haftende Pollen wird in den Honigzellen abgestreift. Jungbienen nehmen ständig Pollen auf. Sie sind aber durch den sozialen Futteraustausch ebenfalls in die Honigreifung einbezogen. Auch dadurch kann Pollen sekundär in den Honig gelangen. Die Pollenarten nektarblütiger Pflanzen aus der sekundären Einstäubung sind aber in der Regel die gleichen wie aus der primären Einstäubung, nur der prozentuelle Anteil kann sich dabei wesentlich verschieben. Bei der sekundären Einstäubung kann aber auch Pollen in den Honig gelangen, der mit dem Nektareintrag nichts oder nur wenig zu tun hat.

Der Pollengehalt aus der primären und sekundären Einstäubung ist zum Teil sehr gering. Pipettiert man Honig aus einer bestimmten Wabe (man schaltet damit die tertiäre Einstäubung des Schleudervorganges aus) und schleudert man den restlichen Honig aus dieser Wabe und untersucht dann den absoluten Pollengehalt, so ergeben sich ganz große Unterschiede in Pollengehalt und Pollenspektrum pro Gramm Honig. Schleuderhonig enthält sehr viel mehr Pollen als aus der Wabe pipettierter Honig.

Tertiäre Einstäubung

Beim Schleudern der Honigwaben kommt sehr viel Pollen in den Honig. Viele dieser Pollenarten haben meist wenig zu tun mit den Trachtpflanzen, von denen der Honig tatsächlich stammt. Bienenbrot von früheren Trachten oder Pollen von Pflanzen, die kaum Nektar spenden, kommt in den Honig und verfälscht das Pollenbild in bezug auf die Trachtherkunft.

Versuche ergaben, dass selbst von Spättrachten des Vorjahres noch immer Pollenkörner in den Honigen des Folgejahres zu finden sind. Aus dem Vorjahr in den Brutwaben verbleibender Pollen (Bienenbrot) oder Honigkränze (diese können von den Bienen auch in den Honigraum umgetragen werden) gelangen in den Honigraum und verfälschen dann das Pollenbild in Bezug auf die botanische Herkunft des Honigs.

Aus den hier angeführten Gründen ist die Aussage der Honigpollenanalyse, was die botanische Herkunft des Honigs betrifft, recht unsicher. Der Pollenanalytiker muss hier viel Erfahrung einbringen und außerdem in die Beurteilung die Sensorik (Farbe, Geruch, Geschmack und Konsistenz des Honigs), die elektrische Leitfähigkeit und eventuell auch das Zuckerspektrum einbeziehen.

In bezug auf die Beurteilung der Bestäubungsarbeit der Bienen für eine bestimmte Kultur- oder Wildpflanze gibt aber die Honigpollenanalyse eine gute Aussage. Pollen einer bestimmten Pflanze im Honig bedeutet, dass die Biene diese Pflanze besucht und damit bestäubt hat.

Ein anderer Hinweis: mit der Honigpollenanalyse kann sehr gut die geographische Herkunft (von welcher Region, welchem Land oder von welchem Kontinent stammt der Honig) des Honigs bestimmt werden. [ENDE DES GASTKAPITELS von HERMANN PECHHACKER]

Nachweis der Bestäubungsleistung der Honigbiene:

Um den Effekt der Honigbiene auf verschiedene Pflanzen wissenschaftlich nachzuweisen, gibt es verschiedene Versuchsanordnungen, es hat sich aber international eine Methode etabliert:

Die Parzellenversuche:

Drei Parzellen mit gleicher Größe und Kultur werden miteinander verglichen. Zwei Parzellen haben einen Gitterkäfig, einmal mit Honigbienen, einmal ohne Honigbienen und die dritte Parzelle blüht ohne Gitterkäfig frei ab.

Durch diese Versuchsanordnung hat man den Vergleich zwischen einer gekäfigten Fläche mit Honigbienen, einer gekäfigten Fläche ohne Honigbienen und einer Kontrollfläche, die komplett frei abblüht. Durch eine entsprechende Zahl von Wiederholungen kann man die Unterschiede dieser Flächen statistisch ausarbeiten und den Einfluss der Honigbienen auf den Ertrag feststellen.

Die Käfige dienen dazu, um den Einfluss anderer Insekten auszuschliessen.

Der Nachteil bei dieser Methode ist der Effekt des Netzes auf die Kultur: Im Vergleich zur frei blühenden Parzelle haben wir im Netzkäfig eine andere Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Beschattung und Luftzirkulation.

Deshalb haben wir in der Regel bei unseren Bestäubungsuntersuchungen an der Universität für Bodenkultur, Wien eine andere Methode:

Wir versuchen bei der gleichen Kultur die Bienenintensität zu variieren, ohne die störenden Einflüsse der Netzkäfige hinnehmen zu müssen. Dies geschieht in der Regel durch möglichst lange, gleichmäßige Felder, bei denen an einem Ende Honigbienenstöcke stehen und die Gewohnheit der Bienen genützt wird, dass sie bei gleichen Pflanzen aus ökonomischen Gründen immer die näheren anfliegen. So hat man am Anfang des Feldes, wo die Bienenstöcke stehen, wesentlich mehr Bienen pro Blüte oder m^2 , als nach 100m oder noch weiter entfernt. Sind die Felder groß genug, so hat man am Ende des Feldes überhaupt keinen Honigbienenbeflug mehr. Dieser Unterschied im Bienenbeflug wird durch Beflugszählungen dokumentiert und gemeinsam mit den Ertragsunterschieden der Kultur statistisch ausgewertet. Dazu ist es noch notwendig, dass allfällige Bodeneinflüsse durch Analysen des Strohgewichtes der Pflanzen ausgeschlossen werden; gleiches Strohgewicht bedeutet gleiche Bodeneinflüsse.

Mit dieser Methode sind alle Einflussfaktoren, wie z. B. Pflanzensorte, Wetter, Bodeneinflüsse, Düngung, Bewässerung, Beschattung, Wind etc. bei der gesamten Versuchsanordnung gleich, lediglich der von uns zu untersuchende Unterschied des Bienenbefluges ist der einzig verbliebene Parameter und dient direkt zum Nachweis von Ertragsunterschieden durch unterschiedlichen Bienenbeflug. Führt man nun eine entsprechende statistische Analyse mit anschließendem Test (bei uns meist Bonferroni-Holm-Test) durch, kann man exakt den Einfluss der Honigbiene auf eine bestimmte Pflanzenart messen.

Die jeweiligen Methoden zur Messung der Bestäubungsleistung werden später bei den einzelnen Pflanzen näher beschrieben. (Mandl, 2007)

Gentechnisch veränderte Pflanzen:

Unter gentechnisch veränderten Pflanzen versteht man Pflanzen, die durch menschliches Zutun Gene von anderen Lebewesen enthalten, um gewisse gewünschte Eigenschaften zu erhalten; z.B.: Krankheitsresistenz, Schädlingsresistenz, verändertes Wachstum, etc.

Die Entwicklung der Gentechnik ist für die Menschheit gleich wertvoll wie das Erkennen der

Nutzungsmöglichkeiten des Feuers. Durch Gentechnik konnten großartige Erfolge in der Medizin erreicht werden und in Hinblick auf die daraus resultierende Hilfe für viele Menschen, ist die Euphorie für diese Methode verständlich.

Genauso wie wir Feuer nutzen, in streng abgeschlossenen Räumen (Ofen), unter genauer Kontrolle durch den einzelnen Nutzer wie auch durch gesetzlich geregelte Mechanismen (Rauchfangkehrer viermal im Jahr; feuerpolizeiliche Bestimmungen; in jedem Dorf eine Feuerwehr etc.) darf auch nur die Gentechnik verwendet werden.

Wenn es mir kalt ist, zünde ich auch nicht das ganze Haus an, sondern nur den Ofen und kümmere mich um die nötige Sicherheit.

Die momentane Verwendung von gentechnisch veränderten Pflanzen auf riesigen Agrarflächen (allein in den USA 54 Mio. ha im Jahr 2006) kommt eher der Methode gleich: Ich zünde den Wald an, damit ist es mir nicht kalt ist.

Die am häufigsten verwendeten gentechnisch veränderten Pflanzen enthalten ein Gen von *Bazillus thuringiensis*. Dadurch sind sie leicht insektengiftig und ersparen daher eine Menge Insektizide, um die Pflanzen vor Fraßinsekten zu schützen.

Da riesige Flächen mit leicht insektengiftigen Pflanzen angebaut werden, ist die Wirkung auf die gesamte Insektenwelt von Nachteil. Da das Gift nicht zum sofortigen Tod der Bienen führt, ist der Nachweis des Zusammenhanges: Bt-Pflanzen – Insektensterben schwer zu erbringen. Für Langzeitversuche, die die Wirkung eines geschwächten Immunsystems der Insekten durch für sie giftige Pflanzen dokumentieren, fehlt das nötige Geld oder auch Interesse.

Allgemein gelten Spritzmittel auf Basis von *Bazillus thuringiensis* aufgrund der zur Zulassung notwendigen Untersuchungen als „bienenungefährlich“, wobei es auch da anscheinend zu erheblichen Interpretationsunterschieden kommt:

Das Produkt Xen Tari® (Abbott Laboratories) mit dem aktiven Inhaltsstoff *Bazillus thuringiensis aizawai* hat im Beipackzettel folgenden Text: „Dieses Produkt ist in der direkten Anwendung für Honigbienen hochgiftig. Verwenden Sie dieses Produkt nicht, während Bienen die Behandlungsfläche besuchen“. (Delaplane und Mayer, 2000)

An der Universität Jena wurde vor kurzem ein Fütterungsversuch mit Bt-Pollen von Mais an Honigbienen gemacht. Man hatte eine Versuchsgruppe und eine Kontrollgruppe. Über mehrere Tage wurde der Versuchsgruppe Bt-Maispollen und der Kontrollgruppe normaler Maispollen gefüttert. Die Veröffentlichung des Ergebnisses in den Medien hatte die Überschrift: „Bt-Pollen ist für Bienen ungefährlich“. Bei genauer Durchsicht der Arbeit stösst man auf einen Absatz (sinngemäß): Bei der Bt-Versuchsgruppe gab es eine signifikant höhere Sterblichkeit durch Mikrosporidien; die Zusammenhänge müssen noch genauer untersucht werden.“

Solange Forschungsarbeiten so interpretiert und publiziert werden, ist eine seriöse Diskussion über dieses Thema

schwer.

Vor zwei Jahren habe ich einen Artikel über die Zusammenhänge Bt-Pflanzen – Insektensterben in einer renommierte österreichischen Zeitschrift (Mandl, 2007; derstandard.at) publiziert und die gleichen Aussagen auch im österreichischen (Mandl, 2007; ORF) und deutschen Fernsehen (Mandl, 2007; SAT 1) wiederholt.

Bis auf eine gewisse mediale Anteilnahme konnten leider keine Veränderungen erzielt werden.

Die Honigbiene als Bestäubungsinsekt ist in zweifacher Weise betroffen:

Durch die Wirkung des Toxins kann es zu Schwächungen des Immunsystems kommen und verbunden mit anderen Stressfaktoren wie z.B. Parasiten, Krankheiten, Mangelernährung etc. zum Tod des Bienenvolkes führen.

Durch die Bestäubungsdienste der Honigbiene werden natürlich Pollen von gentechnisch veränderten Pflanzen auf angrenzende Felder mit natürlicher Flora übertragen. Dadurch kann es zu ungewollten Verkreuzungen mit nicht absehbaren Folgen kommen. Ist das Erbgut einmal in die Umwelt ausgebracht, gibt es keine Möglichkeit, es wieder unter Kontrolle zu bringen.

Wir wissen welche furchtbaren Folgen das unsachgemäße Verwenden von Feuer hat, wir haben aber keine Vorstellung darüber, welche Folgen die massenhafte Verwendung von Gentechnik in der freien Natur haben kann.

Nektar:

Nektar ist eine Absonderung der Nektarien genannten pflanzlichen Drüsen, die nicht nur auf die Blütenpflanzen beschränkt sind, sondern auch bei Farnen vorkommen können. Man unterscheidet zwischen floralen (in der Blütenregion liegenden) und extrafloralen Nektarien. Florale Nektarien hängen meist mit dem Vorgang der Bestäubung zusammen.

Das Aminosäurespektrum des Nektars und dessen Zuckerkonzentration unterscheidet sich zwischen den einzelnen Pflanzen. Der Zuckergehalt schwankt je nach äußeren Einflüssen und Pflanzenart zwischen 5 - 80%.

Außeneinflüsse, wie die Bodenart und Bodenbeschaffenheit, Boden- und Luftfeuchtigkeit, Düngung, Boden- und Lufttemperatur, Tageslänge, Lichtintensität und Wind, beeinflussen die Menge und den Zuckergehalt des Nektars stark. Das Alter der Blüten und – bei Kulturpflanzen- die Sorte beeinflussen die Menge der Nektarsekretion. Die ausgeschiedene Zuckermenge hat sich als meist konstant für die einzelnen Pflanzenarten erwiesen, aus ihr kann der „Zuckerwert“ (= die von einer Blüte in 24 Stunden ausgeschiedene Zuckermenge in mg) berechnet werden.

Der Nektar besteht zum Großteil aus einer wässrigen Lösung verschiedener Zuckerarten, hier vor allem aus Saccharose, Fruktose und Glucose. In manchen Pflanzen kommt weiters Maltose, Melibiose, Melezitose und Raffinose vor. Aminosäuren kommen wenig vor, sie sind jedoch als Geschmacksträger wichtig. Der Aschengehalt liegt bei 0,023 bis 0,45%. Vorkommende Vitamine sind B1, B2, B6, Biotin, Nikotinsäure,

Pantothensäure, Folsäure, Mesoinosit, und Ascorbinsäure (Vitamin C). (Neugschwandtner, 2003; Maurizio, 1994)

Pollen:

Die Pollenkörner schließen die männlichen Keimzellen der Blüten ein, sie entstehen in den Staubbeuteln, die sich bei der Reife öffnen. Ein eigener Wissenszweig, die Pollenanalyse (Palynologie) beschäftigt sich mit der Form und Größe der Pollenkörner, Zahl und Gestaltung der Keimstellen und Bau und Gestaltung der Außenwand. (Maurizio, 1994)

Der Pollen ist die Quelle an Eiweiß-, Fett- und Mineralstoffen sowie an Vitaminen für das Bienenvolk. Die chemische Zusammensetzung variiert stark, so liegen der Rohproteinanteil zwischen 6 und 35% und der Gesamtstickstoffgehalt zwischen 2,5 und 5,8%. Sein Nährwert und die biologische Wirksamkeit hängen von der botanischen Herkunft ab. Manche Nadelholzpollen haben eine das Leben der Bienen verkürzende Wirkung, am anderen Ende findet man stark wirksame Pollen wie die der Kleearten. (Maurizio, 1994)

Das Bienenvolk benötigt 20 – 50 kg Blütenstaub in einer Brutperiode. Der Pollen dient als Eiweißnahrung zur Aufzucht der Brut. Die Entwicklung der Futtersaft- und Wachsdrüsen in Jungbienen und der Aufbau des Fettkörpers für die Überwinterung hängen von einer guten Pollenversorgung ab. Je nach Herkunft beträgt das Gewicht einer Pollenladung (zwei „Pollenhöschen“) zwischen 8 und 20 mg. (Dany, 1978; Matzke, 2001; Neugschwandtner, 2003)

• **BESTÄUBUNGSINSEKTEN**

Die Honigbiene (*Apis mellifera*):

Allgemeines

Die einzelne Honigbiene ist auf Dauer nicht lebensfähig. Sie bildet einen Insektenstaat, wie wir es auch bei Ameisen oder Termiten kennen mit genauer Aufgabenverteilung. Ein Bienenvolk besteht je nach Jahreszeit aus mehreren Zehntausend Arbeiterinnen, mehreren Hundert bis Tausend Drohnen und einer Königin.

Die Arbeiterin, die uns als „Honigbiene“ auf den Blüten begegnet, führt im Bienenvolk die Arbeiten aus, die notwendig sind, um ein Überleben und die Tätigkeit der Königin zu gewährleisten.

Diese Arbeiten sind im Groben die Brutpflege, die sanitäre Pflege der Behausung, der Wabenbau, die Bewachung des Bienenstocks und vor allem das Heranschaffen der Nahrung, deren Überschuss als Wintervorrat eingelagert wird.

Die Arbeiterin tritt in zwei morphologischen Variationen auf: Als Sommerbiene, die lediglich bis acht Wochen alt wird und als Winterbiene mit einem größeren Fett- und Eiweißpolster und einer Lebenserwartung von bis zu

sechs Monaten. Durch diese Besonderheit ist es möglich, dass das Bienenvolk insektenfeindliche Jahreszeiten, wie bei uns den Winter, problemlos überleben kann.

Als Nahrung sammeln die Arbeiterinnen zuckerhaltigen Pflanzensaft, der in der Regel in Form von Nektar in den Blüten dargeboten wird, aber auch als Ausscheidungsprodukt von auf Pflanzen saugenden Insekten in Form von Honigtau aufgenommen werden kann.

Ihren Eiweißbedarf decken die Bienen durch das Sammeln von Blütenpollen, den männlichen Keimzellen unserer Pflanzen.

Genau bei dieser Sammelaktivität von Nektar und Pollen wird die Bestäubung der Blüten vollbracht, indem die Arbeiterin im Zuge ihrer Sammelaktivität eine Blüte nach der anderen besucht und durch die Pollen in ihrem Haarkleid als Spediteur fungiert.



Abb. 1.1: Honigbiene im Bestäubungseinsatz

Beim laufenden Blütenbesuch wird der Pollen vom Haarkleid der Biene zum Teil auf die Narben der folgenden Blüten abgestreift und neuer Pollen ins Haarkleid aufgenommen.

Dadurch ist eine effektive Bestäubung gewährleistet. (Brasch, 1997)

Im Bienenvolk sind auch mehrere hundert Drohnen, dies sind männliche Bienen, deren ausschließliche Aufgabe in der Begattung einer Königin besteht; ihre Funktion beschränkt sich somit auf die geschlechtliche Vermehrung.

Die Königin im Bienenvolk ist das einzig vollentwickelte weibliche Tier. Ihre Aufgabe besteht im Legen der Eier, diese Tätigkeit kann je Bedarf bis auf 2000 Eier pro Tag gesteigert werden, dies ist mehr als das eigene Körpergewicht der Königin. Durch die Abgabe von Pheromonen garantiert die Königin auch für den Zusammenhalt des Bienenvolkes.

Diese sinnvolle Arbeitsteilung zwischen den Individuen ermöglicht das Überleben und die Weiterentwicklung des Bienenvolkes als Gesamtheit.

Die Honigbiene – Anatomie

Die Honigbiene (*Apis mellifera* L.) wird in der Systematik der Ordnung Hymenoptera (Hautflügler)

zugeschrieben. Diese wiederum zählen zur Klasse der Insekta oder Hexapoda (Insekten), die dem Stamm der Arthropoda (Gliederfüßer) zugeordnet sind.

Jeder Bienenkörper ist deutlich in drei Teile gegliedert: Kopf, Brust und Hinterleib. Die behaarte Körperhülle aus Chitin gibt dem Insekt Form und Halt und bildet gewissermaßen ein Außenskelett.

Der Kopf (Caput) besteht aus einer flachen, dickwandigen Kapsel und trägt Sinnesorgane wie Augen (zwei Facettenaugen u. Punktaugen), Fühler und Taster, Mundwerkzeuge und lebenswichtige Drüsen. (Brasch, 1997)

Die Brust (Thorax) trägt seitlich zwei Flügelpaare und unten drei Beinpaare. Die Fortbewegung geht also von diesem Mittelteil des Bienenkörpers aus. Muskel- und Atmungssystem konzentrieren sich in diesem Bereich. Die Beine bestehen aus einigen, gelenkig miteinander verbundenen, Teilen: dem Oberschenkel, dem Unterschenkel und dem Fuß. An den Hinterbeinen, die beim Pollensammeln eine besondere Rolle spielen, ist das erste Fußglied stark vergrößert und trägt an der Innenseite einen dichten Besatz von steifen Haaborsten. Auch der Unterschenkel der Hinterbeine ist besonders gestaltet, er ist an der Außenseite mit langen Haaren umsäumt. Die besondere Haarausformung der Hinterbeine ermöglicht den Bienen das Ausbürsten des im Haarkleid haftenden Pollens. Das Sammeln von Blütenstaub und seine Übertragung von Pflanze zu Pflanze scheint die Hauptaufgabe des Bienenpelzes zu sein.

Der Hinterleib (Abdomen) ist in sechs Abschnitte gegliedert, wobei jeder Abschnitt aus einer Rücken- und Bauchschuppe besteht. Diese überlappen einander, sind aber durch ein feingefaltetes Häutchen verbunden. Der Hinterleib ist sowohl in Längs- wie auch in Querrichtung dehnbar und kann auch nach jeder Richtung frei bewegt werden. Im Inneren birgt der Hinterleib Honigblase, Ventiltrichter, Mittel-, Dünn- und Enddarm, Harngefäße, Stachelapparat, Giftblase, Herz sowie Wachs- und Duftdrüsen. (Spürgin, 1989)

Nektar- und Pollenbedarf

Der Bedarf an Nektar und Pollen hängt von der Volksstärke, der Bruttätigkeit, dem Futtermittelverwertungsvermögen, der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit ab. (Neugschwandtner, 2003)

Der im Nektar enthaltene Zucker bietet dem Organismus leicht verfügbare Kohlenhydrate, die der Erzeugung von Energie, also dem Betriebsstoffwechsel dienen. Ein mittelstarkes Volk benötigt pro Jahr rund 60 bis 80 kg Zucker, eine fliegende Arbeiterin verbrennt pro Stunde rund 12 mg Glucose.

Der Pollen kann als „Kraftfutter“ für Insekten angesehen werden. Er deckt den Eiweißbedarf und ist ein unentbehrlicher Bestandteil der Aufbaunahrung (Baustoffwechsel), wodurch das Wachstum der Organe und Drüsen in hohem Masse ermöglicht wird. Der Pollenbedarf eines mittleren Bienenvolkes liegt bei 30 bis 60 kg, Bienenlarven benötigen ungefähr 130 mg für ihre Entwicklung. (Neugschwandtner, 2003; Lehnher, 2001; Pickhardt, 2000)



Abb. 1.2: Wabe mit eingelagertem Pollen

Nektar- und Pollensammeln

Nektarsammelnde Honigbienen schließen die Unterkieferladen und Lippentaster zu einem Saugrohr, dem „Rüssel“, zusammen. In diesem kann sich die Zunge vor und zurück bewegen und die Flüssigkeit über den Schlund und die Speiseröhre in die Honigblase pumpen. Die Rüssellänge der Arbeiterinnen dient als Rassenmerkmal. Bei der grauen Biene (*Apis mellifera carnica*) beträgt sie 6,4 – 7mm. (Neuschwandtner, 2003)

Die zuerst enge Speiseröhre erweitert sich zur Honigblase, die dehnbar ist und 50 bis 70µl fassen kann. Sie wird zum Mitteldarm durch den Ventiltrichter getrennt, der aus vier lippenförmigen, bewimperte Klappen besteht und feste Bestandteile, wie Pollen, Nosema- und Faulbrutsporen aus dem Honigblaseninhalte herausfiltern kann. Das Entfernen fester Partikel aus dem Honigblaseninhalte ist für die Gesundheit des Bienenvolkes wichtig. (Lehnherr, 2001)

Die Eliminierung der Pollenkörner erfolgt umso schneller, je geringer das Trachtangebot ist. Je länger der Nektar in der Honigblase bleibt, desto pollenärmer wird er. Die Flüssigkeitsmenge bleibt jedoch nahezu unverändert. (Juntawong, 1989)

Beim Blütenbesuch wird der Körper mit Blütenstaub eingepudert. Die Biene reinigt sich mithilfe der Fersenbürsten des Vorder- und Mittelbeinpaars und sammelt den mit Nektar befeuchteten Pollen an den Außenseiten der Schienen der Hinterbeine, wo einwärtsgebogene Haare das so genannte Körbchen bilden. (Lehnherr, 2001)

Bienen sind äußerst blütenstet und pollentreu. Oft bleiben die Bienen während mehrerer Tage bis hin zur ganzen Flugphase bei einer Pflanzenart. (Pickhardt, 2000)

Die Hummel (*Bombus* spp.) nach Delaplane (2000):

Hummeln (*Bombus* spp., Familie Apidae) sind große, haarige Bienen, welche verstärkt in gemäßigten Regionen auftreten. Wie auch Honigbienen wurden sie aus ihren natürlichen Lebensräumen in andere Länder exportiert, unter anderem Australien, Neuseeland, die Philippinen und Südafrika. Es existieren circa 400 Spezies weltweit (Heinrich, 1979) und zumindest 54 in Nord- und Zentralamerika. (Michener *et al.*, 1994)

Hummeln sind soziale Bienen mit einem jährlichen, kolonialen Lebenszyklus. Sie durchlaufen zuerst eine solitäre Phase (als einzelne Königin) bevor eine Reproduktion mit Bildung einer Kolonie, welche aus einer Vielzahl sozialer Individuen besteht, stattfindet. Dies steht im Gegensatz zu den perennierenden (mehrjährigen) Honigbienenkolonien, welche niemals eine solitäre Phase durchlaufen.

Der Lebenszyklus einer Hummel beginnt als junge, begattete Königin, welche isoliert in trockenen, sicheren Unterschlüpfen am Boden oder unter loser Baumrinde überwintert. Im Frühling wird sie aktiv und beginnt mit der Nahrungssuche, um Energiereserven für die Brutproduktion aufzubauen. Sie hält Ausschau nach geeigneten Nistplätzen, wie zu Beispiel Heuhaufen oder verlassene Nagekiernester; dabei muss sie eine trockene Stelle wählen, die weiters gut gegen eventuelle Überflutungen geschützt ist.

Die Königin legt einen Fingerhut-förmigen Honigtopf aus Wachs an, in welchen sie Nektar einlagert; daneben formt sie einen Klumpen aus gesammelten Pollen, macht eine Furche in ebendiesen, in welche sie dann ein oder mehrere Eier legt, und verschließt die Furche anschließend wiederum mit Wachs. Sobald die Larve schlüpft beginnt sie sich von dem umgebenden Pollen zu ernähren; mit zunehmendem Wachstum der Larve öffnet die Königin den Wachsverschluss und fügt weiteren Pollen und Nektar hinzu.

Wenn die Königin nicht auf Nahrungssuche ist, dann verbleibt sie auf dem Brutklumpen, um die Larven zu bebrüten und ihre Entwicklung zu beschleunigen. Die Larve beginnt mit zunehmender Reife einen Kokon aus Seide zu spinnen, in welchem sie sich verpuppt und ihre Entwicklung in ein adultes Individuum abschließt.

Nach dem Auftreten neuer Arbeiterinnen werden die leeren Kokons als Lagergefäße für Honig oder Pollen verwendet. Weitere Pollenklumpen mit Eiern werden neben oder auf den alten Klumpen abgelagert, und so wächst eine uneinheitliche Wabe. Letztendlich sind genügend Arbeiterinnen vorhanden um die Nahrungssuche sowie die häuslichen Tätigkeiten zu übernehmen, so dass sich die Königin ganz auf das Legen der Eier konzentrieren kann.

Die Population einer Kolonie hat an ihrem Höhepunkt einige hundert Individuen. (Sladen, 1912; Heinrich, 1979) Die Kolonie beginnt mit der Produktion von Männchen und Königinnen zwischen Mitt- und Spätsommer. Die Männchen verlassen das Nest einige Tage nach dem Schlüpfen. Die neuen Königinnen verweilen länger im Nest, wobei sie gesammelte Nahrung zu sich nehmen, aber auch ihre eigene Nahrung sowie Futter für die Kolonie suchen. Die jungen Königinnen paaren sich und halten Ausschau nach geeigneten Plätzen zum Überwintern. Die Männchen und Arbeiterinnen sowie die alte Königin sterben vor Beginn des Winters.

Die gesamten Aktivitäten (Nestbildung, Arbeiterinnenproduktion und Nahrungssuche) geschehen zwecks Produktion der nachfolgenden Königinnen im Mitt- bis Spätsommer. Der Erfolg einer Kolonie beim Produzieren von Königinnen hängt großteils von der Reichhaltigkeit an Blüten in ihrem Habitat ab (Bowers, 1986), obwohl auch andere Faktoren, wie zum Beispiel Parasitenintensität, eine Rolle spielen. Eine anhaltende Knappheit an Blüten, welche in einigen Gegenden während des Mittsommers auftreten kann, reduziert die

Königinnenproduktion erheblich; die Sterblichkeitsrate junger Königinnen ist hoch. Von den circa 100 Königinnen, welche eine Kolonie produziert, überlebt durchschnittlich nur eine. (Heinrich, 1979)

[ENDE ZITAT nach DELAPLANE]

Solitäre Bienen:

Die Alkalibiene (*Nomia melanderia*) nach Delaplane (2000):

Die Alkalibiene (*Nomia melanderia*, Familie Halictidae) ist eine am Boden nistende Biene und kommt in Gebieten westlich der Rocky Mountains in Nordamerika vor. Sie nistet gesellig, oft in hohen Konzentrationen. (Mayer und Miliczky, 1998) Jedes Weibchen baut und versorgt ihr eigenes Nest, mit keinem Kontakt zwischen Larve und anderen adulten Individuen.

Erwachsene Bienen weisen etwa zwei Drittel der Körpergröße von Honigbienen auf und besitzen ein bläuliches, grünliches oder gelbliches Band, welches ihr Abdomen umrundet. Weibchen verfügen über einen Stachel, verwenden diesen jedoch kaum; Männchen haben ein weißes Gesicht und lange, spitz zulaufende Fühler.

Adulte Alkalibienen treten im Spätfrühling bzw. Frühsommer aus dem Erdboden hervor, abhängig von der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgrad des Bodens. Bei kühlen Temperaturen oder sehr feuchtem Boden ist das Auftreten verzögert.

Die Zeit ihrer Aktivität variiert von Spätmai bis Mitte August in Washington, von Anfang Juni bis Ende September in Idaho und von Spätmai bis Anfang September in Oregon.

Die Weibchen beginnen mit dem Nisten kurz nach der Paarung. Sie bevorzugen es schon bestehende Löcher im Boden zu verwenden.

Das Nest besteht aus einem vertikalen Schacht mit einem seitlichen Tunnel, welcher über verzweigte, ovale Zellen verfügt. Diese Zellen können bis zu 30,5 cm unter der Oberfläche liegen, die meisten jedoch befinden sich in 5,1 bis 20,3 cm Tiefe.

Die Weibchen dichten die Zellen mit einem Feuchtigkeits-resistenten, drüsigen Sekret ab. Erdreich, welches aus dem Nest entfernt wurde, wird um das Eingangsloch abgelagert und formt einen Hügel mit einer harten, zentralen Kuppel.

Pollen wird am Boden jeder Zelle in Form eines runden, abgeflachten Balls mit circa 0,6 cm Durchmesser platziert. 1 bis 4 Wochen alte Weibchen sammeln genug Pollen täglich um eine Zelle zu versorgen. Nachts wird das Ei gelegt, die Zelle verschlossen und anschließend eine neue Zelle für den nächsten Tag vorbereitet. Die Larve schlüpft nach 2 bis 3 Tagen und konsumiert den gesamten Pollenball in 7 bis 10 Tagen.

[ENDE ZITAT nach DELAPLANE]

Die Blattschneiderbiene (*Megachile rotundata*) nach Delaplane (2000):

Die Alfalfa-Blattschneiderbiene (*Megachile rotundata*, Familie Megachilidae) wurde versehentlich nach Mitte

der 1930er Jahre von Eurasien nach Nordamerika eingeführt. Sie wurde zum Hauptbestäuber der Luzerne in den westlichen Vereinigten Staaten und Kanada. Auch in Europa, Neuseeland, Südastralien und Teilen von Südamerika gilt sie als Luzernebestäuber.

Die Blattschneiderbiene ist eine Solitärbiene, welche in schon bestehenden Löchern in Holz oder anderen Materialien nistet. Die Bienen selbst sind zwischen 0,5 und 1 cm lang und 0,2-0,4 cm breit. Weibchen sind größer als Männchen, schwarz gefärbt und haben kurze, weiße Haare an diversen Körperteilen. Das Abdomen der Weibchen läuft spitzer zu als jenes der Männchen und weist auf der Oberseite 4 bis 5 Streifen weißer Haare auf. Ein pollentragendes Dickicht langer, weißlicher Borsten, welches „Scopa“ genannt wird, befindet sich auf der Unterseite des Abdomens.

Männchen haben gelbbraun-gefärbtes Haar, zwei helle Flecken am hinteren Ende und weisen kein pollentragendes Dickicht auf. Sie verfügen über Mandibeln mit einem hervorstehenden Zahn, welcher ihnen beim Durchschneiden der Blätter zwecks Zellversiegelung hilft. Die Mandibeln der Weibchen weisen kleinere Zähne auf, welche sich gut zum Herausschneiden von Blattteilen eignen, die sie zum Auskleiden der Zellen verwenden.

Die Zellen werden hintereinander im Nesttunnel angeordnet. Die Mutter legt normalerweise weibliche Eier in die innersten und männliche Eier in die äußersten Zellen. Diese Anordnung, gängig bei vielen Solitärbiene, ermöglicht es den früher schlüpfenden Männchen sich aus ihren Zellen zu kauen ohne die weiblichen Zellen zu beschädigen. Erwachsene Bienen treten im Spätfrühling oder Frühsommer aus ihren Zellen hervor, abhängig von der Temperatur. Sich entwickelnde Bienen benötigen eine Abkühlungsphase um die Diapause auszuschalten/zu durchbrechen.

Im Nordwesten der USA, abhängig von der Lage und dem Wetter, treten Männchen zwischen Anfang und Mitte Juni und Weibchen eine Woche später auf. Die Zahl der Männchen übersteigt die der Weibchen um das Doppelte, jedoch tritt manchmal eine ausgeglichene bzw. höhere Ratio an Weibchen auf.

Weibchen warten mit der Paarung bis zum zweiten oder dritten Tag nach dem Schlüpfen, anschließend beginnen sie mit dem Zellbau. Männchen sammeln sich nachts in Nestern oder anderen Aushöhlungen; ihre Anzahl schwindet nachdem die Weibchen mit dem Nisten beginnen.

Die Weibchen verbringen die Nacht mit dem Gesicht nach innen gewandt im Nest. Sie wenden sich und blicken Richtung Eingang mit der morgendlich steigenden Temperatur, jedoch fliegen sie erst, wenn die Temperatur 21°C übersteigt.

Ein Weibchen bildet eine Fingerhut-förmige Zelle aus Blattteilen, welche sie schneidet, trägt und durch Kauen der Ränder formt, um sie anschließend gegen die Tunnelwand zu drücken. Sie benötigt circa 15 Blattteile um eine Zelle zu formen (Gerber und Klostermeyer, 1972); jedes Weibchen unternimmt in ihrem Leben 400-600 Blattsammelflüge. (Fairey und Lefkovitch, 1994)

Glücklicherweise übersteigt der Nutzen dieser Bienen bei der Luzernesamenproduktion bei Weitem den unerheblichen Schaden, der durch das Beschaffen von Blattmaterial entsteht.

Nach dem Formen der Zelle sammelt das Weibchen Nektar und Pollen als Futter für die Larven. Die durchschnittliche Beschaffungsmenge liegt bei 64% Nektar und 36% Pollen. Das Weibchen legt ein Ei auf die Oberfläche der Nektar-Pollen-Masse und verschließt die Zelle mit runden Blattstücken, welche die Basis der nächsten Zelle formen. Sie produziert, trifft Vorbereitungen und legt Eier in aufeinander folgende Zellen bis der Tunnel fast vollständig gefüllt ist. Zuletzt formt sie aus einem runden Blattstück einen circa 0,6 cm breiten Eingangsdeckel.

Ein Weibchen baut durchschnittlich 4 bis 7 Zellen in einen Tunnel bevor sie ihn verschließt und ihre Arbeiten in einem anderen Tunnel wiederholt. Bei gutem Wetter kann sie eine Zelle pro Tag fertigstellen. Es kommt auch mitunter vor, dass Weibchen Nester von anderen Weibchen übernehmen. Etwa 3-5% aller Nester enthalten Nachkommen von mehr als einem Weibchen. (McCorquodale und Owen, 1994)

Männchen werden etwa 3 bis 4 Wochen alt; Weibchen können 5 bis 6 Wochen alt werden, jedoch vermutlich weniger als 4 Wochen unter Feldbedingungen. Ein Weibchen produziert während ihres Lebens etwa 28 Zellen unter kontrollierten Bedingungen; in der freien Natur ist 16 ein guter Durchschnittswert.

[ENDE ZITAT nach DELAPLANE]

Die Mauerbiene (*Osmia* spp.) nach Delaplane (2000):

Bienen der Gattung *Osmia* (Familie Megachilidae) haben bewiesen, dass sie effektive Bestäuber von Apfelbäumen sowie anderen Plantagenfrüchten sind. Diese solitären Bienen nisten in hohlem Ried oder in bereits existierenden Löchern im Holz.

Sie tun dies auch in großen Ansammlungen, falls ausreichend Löcher vorhanden sind. *Osmia*-Bienen verschließen ihre Nester mit Schlamm, gekautem Blattmaterial oder einer Mischung aus beidem – deshalb werden sie auch Maurerbienen genannt.

Der wichtigste Vertreter dieser Gruppe in Nordamerika ist die Obstgartenmaurerbiene, *Osmia lignaria*. Die östliche Unterart (*Osmia lignaria lignaria*) kommt von den östlichen Hängen der Rocky Mountains bis zum Atlantik vor; die westliche Unterart (*Osmia lignaria propinqua*) tritt zwischen den westlichen Hängen der Rocky Mountains und dem Pazifik auf.

Weibchen der Obstgartenmaurerbiene besitzen ein Paar hornähnliche Erhebungen, welche sich an der Unterseite des Gesichts befinden. Sie ist glänzend blauschwarz gefärbt und weist circa zwei Drittel der Körpergröße von Honigbienen auf. Das Männchen ist circa ein Drittel kleiner als das Weibchen und besitzt ein weißes Haarbüschel im Gesicht sowie lange, gebogene Fühler. Weibchen verfügen über kein weißliches Haar im Gesicht und ihre Fühler sind lediglich halb so lang wie jene der Männchen.

Die Hornfaced-Biene (*Osmia cornifrons*) wurde in den 1960er Jahren von Japan aus nach Utah eingeführt, und weiter von Utah nach Maryland um 1978 (Batra, 1989); seitdem hat sie sich in vielen Gegenden der östlichen Vereinigten Staaten und Kanada etabliert. Auch sie besitzt ein Paar hornähnliche Erhebungen an der Unterseite

des Gesichts.

Die gehörnte Mauerbiene (*Osmia cornuta*) wurde in den 1980er Jahren von Spanien nach Kalifornien eingeführt. (Torchio, 1987) Die Weibchen sind geringfügig größer als die der Obstgartenmaurerbiene. Ihre auffälligste Charakteristik ist ein Abdomen, welches mit schönem, hellorangenem Haar bedeckt ist. Auch sie besitzt ein Paar Hörner im unteren Gesichtsbereich.

Osmia ribifloris biedermannii ist eine metallisch grün- oder blaugefärbte Mauerbiene, welche im Westen und Südwesten der USA heimisch ist. Sie ist ein potenzieller Bestäuber der „Highbush“ Blaubeere. (Torchio, 1990b)

Männliche und weibliche Mauerbienen treten aus ihren Nestern hervor und paaren sich im Frühling, wenn die Temperaturen 10°C überschreiten. Männchen entwickeln sich 3 bis 4 Tage früher als die Weibchen und patrouillieren die Nistplätze auf der Suche nach ebendiesen. Sie suchen die Blüten nach Nektar ab, leisten allerdings nur eine geringfügige Bestäubung. Wenn ein Weibchen zu Tage tritt, so ist sofort ein Männchen zugegen um sich mit ihr zu paaren; ein einzelnes Weibchen paart sich gegebenenfalls mit mehreren Männchen.

Sobald ein geeigneter Nisttunnel gefunden ist beginnt das Weibchen mit der Produktion von Zellen in dem für Solitärbienen typischen, hintereinander angeordneten Muster. Normalerweise nistet nur ein Weibchen in einem verfügbaren Loch.

Das Weibchen sammelt Nektar sowie Pollen und bildet eine Pollenmasse in jeder Zelle. *Osmia*-Spezies tragen Pollen mit ihrem abdominalen Scopa ein. Es benötigt 11-35 Ausflüge um genügend Pollen und Nektar für eine Zelle herbeizuschaffen. Das Weibchen legt circa 3 mm lange Eier, wobei ein Ende in der Pollenmasse eingebettet ist. Nach der Eiablage trennt sie die Zelle von den anderen mit Hilfe von Schlamm oder zerkautem Blattmaterial. Für jede Trennwand sind 8 bis 12 Sammelflüge von Nöten, um Schlamm herbeizuschaffen; ein Weibchen stellt normalerweise eine Zelle pro Tag fertig. Weibliche Eier werden in Zellen am Ende des Tunnels abgelegt, während männliche Eier nahe dem Eingang platziert werden; die durchschnittliche Geschlechterratio beläuft sich auf zwei Drittel Männchen. Nachdem sie den Nisttunnel mit Zellen gefüllt hat, verschließt sie den Eingang mit einem dicken Schlammdeckel.

Alle Stufen der Entwicklung finden zwischen 15°C und 30°C statt; jedes Ei benötigt 7 Tage bis zum Schlüpfen. Die Larve ernährt sich für circa 30 Tage von Pollen, anschließend erfolgt eine Darmentleerung. Sie ruht nun für einige Tage, dann beginnt sie einen rosa-weißlichen Seidenkokon um sich selbst zu spinnen, bei dem sie Fäkalkügelchen in die äußeren Schichten einwebt.

Nach ein paar Tagen färbt sich der Kokon dunkelbraun, und nach weiteren 30 Tagen verpuppt sich die Larve. Zwei Wochen später erfolgt die Häutung, die einstige Puppe ist nun ein adultes Individuum. Diese erwachsenen Bienen sind es, die in Keimruhe überwintern. Die Temperaturen im Winter müssen unter 4,4°C liegen, andernfalls sind sie nicht in der Lage die Keimruhe im folgenden Frühling zu durchbrechen. Erwachsene Weibchen kümmern sich um ihre Zellen und bestäuben für die Dauer von 4 bis 6 Wochen, anschließend sterben sie. Es ist immer nur eine Generation pro Jahr zugegen.

[ENDE ZITAT nach DELAPLANE]

Einführung in die Bienenhaltung:

Über Bienenhaltung (Imkerei) wurden bereits viele Bücher geschrieben und hält der gut sortierte Fachhandel ein breites Sortiment zur Verfügung. Hier soll eine Übersicht über die Form der Bienenhaltung und die wichtigsten Arbeitsschritte im Laufe des Jahres gegeben werden.

Grundsätzlich ist es jedermann erlaubt, Bienen zu halten (§1 Bienenzuchtgesetz), trotzdem ist es ratsam, vor Beginn der Bienenhaltung einen Einführungskurs bei einem örtlichen Imkerverein zu absolvieren, um einen theoretischen Einblick, vielleicht sogar schon einen Überblick zu bekommen und vor allem, um Kontakte zu Imkerfreunden in der Umgebung herzustellen, die sich in Folge als sehr wichtig herausstellen werden.

Bienenwohnung

Die Bienenwohnung oder Beute ist in der Regel eine Holzkiste, die aus mehreren übereinanderstapelbaren Einheiten mit darin befindlichen Rähmchen besteht.

Als Basis dient ein Holzboden, als Abschluss ein Deckel, der vor der Witterung schützt.

Es sollte leichtes Holz wie das der Weymouthkiefer oder Fichte verbaut werden, ein Anstrich als Witterungsschutz ist bei Verwendung eines soliden Daches nicht notwendig.

Ein Selbstbau aus 2,4mm Fichtenbrettern ist mit etwas Zeit und handwerklichem Geschick kostengünstig und problemlos möglich und eine sehr angenehme Winterbeschäftigung.

Bauanleitungen und genaue Maße finden sich in diversen Fachbüchern oder einfacher im internet. (www.bienenforum.com)

Aufstellungsplatz

Für jedes Lebewesen ist die Wahl des Lebensraums von entscheidender Bedeutung. In der Bienenhaltung nimmt in der Regel der Imker den Bienen diese Entscheidung ab, deshalb sollte sie sorgfältig getroffen werden.

Ein Platz für die Aufstellung von Bienenstöcken sollte windgeschützt, im Winter hell im Sommer durch Laubbäume etwas beschattet und nicht direkt bei frequentierten Wegen sein. Verschiedene Landesgesetze für Bienenzucht schreiben gewisse Mindestabstände zu Nachbarn und öffentlichen Wegen vor, um ein friedliches Miteinander zu gewährleisten.

Ein leichter Südhang ist einer Talsohle, in der im Winter die kalte Luft steht, vorzuziehen. Der Platz sollte leicht mit dem Auto erreichbar sein, das erleichtert die Bearbeitung und Pflege der Völker im Jahreslauf erheblich.

Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass die Bienen in ihrer näheren Umgebung (bei Bienen ist das bis ca. 2km) genug Pollen, Nektar und vor allem auch Wasser finden.

Honigbienen werden meist in den Ortschaften gehalten und haben daher aufgrund ihrer Absenz nicht den gewünschten Bestäubungseffekt für die großflächige Landschaft.

Arbeitsschritte im Jahresverlauf

Im Frühjahr

Je nach Region wird Anfang März an einem warmen Tag kontrolliert, ob die Bienen den Winter überlebt haben. Beim kurzen Öffnen des Bienenstockes sollte auch der noch vorhandene Futtermittelvorrat erkannt und gegebenenfalls

ergänzt werden. Das Bodenbrett wird von den toten Bienen gereinigt, die im Laufe des Winters von der Wintertraube abgefallen sind.

Ab der Kirschblüte beginnt der Imker mit der Erweiterung seiner Bienenstöcke. Dabei werden Zargen mit leeren Waben oder Mittelwänden auf das bestehende Volk aufgesetzt und somit die Bienenwohnung vergrößert. Dies kann noch ein bis zweimal wiederholt werden, je nach Bedarf des Bienenvolkes.

Ab Anfang Mai kommt die Schwarmzeit. Das Bienenvolk möchte sich teilen. Der Imker kann diese Entwicklung für sich nützen und bereits vor einem allfälligen Schwärmen Bienen und Brut entnehmen und damit ein neues Volk gründen. So hat das Bienenvolk seinen Willen und der Imker das natürliche Vermehrungspotential sinnvoll genützt.

Im Sommer

Nach dem großen Blühen kann der Imker den überschüssigen Honig von den Bienenvölkern ernten. Dazu werden die vollen, verdeckelten Honigwaben entnommen, die Bienen vorsichtig abgekehrt und im Honigraum nach der Entdeckung geschleudert.

Es ist darauf zu achten, dass dem Bienenvolk genug Honig für Notzeiten bleibt, nötigenfalls muss mit Zucker ein Mangel ausgeglichen werden.

Besonders wichtig im Sommer ist die Behandlung gegen die Varroamilbe. In der Regel wird dazu Ameisensäure in den Stöcken verdampft. Diese Behandlung sollte zweimal gemacht werden, einmal im Juli, das zweite Mal Anfang September.

Spätestens Ende September sollten die Bienen genügend Wintervorrat haben, um ohne Sorge durch den Winter kommen zu können.

Im Herbst

Ab Ende September ist die Arbeit bei den Bienenvölkern vorbei. Nun gilt es noch den Stand windfest zu sichern, damit die Winterstürme keinen Schaden anrichten können.

Im Winter

Den Winter nützt der Imker, um sein Bieneninventar auf Vordermann zu bringen. Ältere Zargen können repariert oder gegen neue ersetzt werden. Rähmchen werden geschnitten, gebohrt, gedrahtet und neue Mittelwände, die zuvor gegossen wurden, werden eingelötet.

Wichtig in der brutfreien Zeit ist die Behandlung mit Oxalsäure gegen die Varroamilbe. Die Bienenvölker werden im Winter sonst nicht gestört.

Der Imker nützt den Winter zur Weiterbildung und zum Austausch mit Kollegen.

Gefahr beim Import von nicht einheimischen Bestäubern:

Der Versuch fehlende natürliche Bestäuber durch Import von Hummeln oder nicht angepassten Honigbienenvölkern auszugleichen führt oft zu Problemen. Krankheiten und Parasiten haben in der Vergangenheit diese Bemühungen nicht selten zunichte gemacht. Ein bekanntes historisches Beispiel ist die afrikanisierte Biene, ein Kreuzungsprodukt aus nicht heimischen Bienenrassen, die zu großen Schwierigkeiten für Imker, Landwirte und die Bevölkerung im Allgemeinen geführt hat.

In der Regel wird die dunkle Erdhummel zur Bestäubung importiert; bei Auflösen des Volkes gelangen die Geschlechtstiere häufig in die freie Natur und können so zur Verdrängung anderer Hummelarten beitragen.

Natürliche Habitate:

Im natürlichen Ökosystem kommt es üblicherweise nicht zu einer hohen Konzentration von Blüten, somit reichen meist die natürlichen Bestäuber. Bei der modernen Landwirtschaft sind aber große Felder mit derselben Pflanze üblich und oft mehrere Felder in einem Gebiet. Gleichzeitig werden die Felder größer und die umgebenden natürlichen Lebensräume zurückgedrängt, somit kommt es zu einem Defizit an Bestäubern. In der modernen Landwirtschaft ist somit oft die Bestäubung das limitierende Element.

Oft sind in unserer Kulturlandschaft die Bepflanzungen an Autobahnen und Bahnlinien die einzigen Lebensräume für Solitäre Bienen.

• **BESTÄUBUNGSMECHANISMEN**

Magnetfeld der Biene:

Bienen sind aus mehreren Gründen perfekte Blütenbestäuber. Der Hauptgrund ist wohl ihre Körperbehaarung. Im Bienenpelz verfangen sich eine Vielzahl von Pollen und bleiben während des Fluges zur nächsten Blüten an der Biene haften. Dieser Effekt wird dadurch verstärkt, dass sich der Bienenpelz während des Fluges elektrisch auflädt. Dieses Phänomen verstärkt die Bindung der Pollen an den Bienenkörper. Erst durch das Klebenbleiben des Pollens am Stempel einer zu bestäubenden Blüte oder durch das Putzen der Biene selbst, werden die Pollen diesem Magnetfeld entrissen. (Free, 1993)

Reichweite:

Die Reichweite einer Honigbiene ist oftmals untersucht worden und die Angaben schwanken von 3 km bis 14 km. Unsere Untersuchungen in Nepal (Mandl, Mayer, Pechhacker, 2005) bei denen unter anderem die Reichweitenunterschiede zwischen europäischer (*Apis mellifera*) und asiatischer Biene (*Apis cerana*) untersucht wurden, zeigten, dass die europäische Honigbiene problemlos eine Nahrungsquelle in 5 km Entfernung findet. Bei meinen Reichweitenversuchen in Österreich (Mandl, 2006) fanden Honigbienen eine Nahrungsquelle in 11 km Entfernung und schafften es, andere Honigbienen ihres Volkes für diese Nahrungsquelle zu rekrutieren. Die Versuche fanden im Sommer 06 im Bereich Parndorf (Burgenland) statt, wo zwar perfektes Flugwetter für Bienen herrscht, aber so gut wie kein Nektarangebot zur Verfügung steht. Nun kann sich jeder ausrechnen, welche Fläche Honigbiene absuchen und befliegen können.

Bei unseren Untersuchungen in Chile (Mandl, Mayer, Pechhacker, 2007) wollten wir die Reichweite einer Standimkerei dokumentieren. Der Imker hat 700 Völker auf einem Platz, dadurch sind die Bienen gezwungen,

weiter als üblich zu fliegen, um ausreichend Nahrung zu finden. Unsere Messungen wurden aus organisatorischen Gründen bei 10km Entfernung beendet, obwohl anzunehmen ist, dass die Bienen noch wesentlich weiter flogen, da bei der letzten Messstelle kaum weniger Bienen waren als bei 5km.

Für die Bestäubungsimkerei haben diese Untersuchungen insofern Relevanz, da sie zeigen, dass die Völker nicht direkt bei der Zielkultur stehen müssen, um die Bienen dort arbeiten zu lassen. Mit der Entfernung der Bestäubungsvölker zur Zielkultur steigt aber die Gefahr von Konkurrenzblüten. Falls Bienen eine nähere Nahrungsquelle finden, ist die Zielkultur für sie uninteressant und der Gärtner oder Obstbauer wird das im Ertrag merken.

Falls sich der Bestäubungsimker sicher ist, dass keine Konkurrenzblüten zwischen Zielkultur und Bienenstöcken vorhanden sind (z.B. Getreidefelder können ruhig dazwischen liegen) können Entfernungen von bis zu 1000m ohne Bestäubungsleistungsverlust in Kauf genommen werden, falls der Bienenaufstellplatz für die Bedürfnisse der Bienen oder des Imkers dort günstiger ist (wind- und sonnengeschützt, Zufahrtmöglichkeit, etc.). All diese Überlegungen sind hinfällig, wenn eine reichblühende Flora vorhanden ist, dann müssen die Bestäubungsvölker direkt an oder besser in der Zielkultur stehen.

Am eindruckvollsten dokumentiert den Effekt von Konkurrenzblüten der Versuch von Yakovlev (1959, nach Free, 1993): Er fand heraus, dass bei Apfelplantagen der Ertrag mit der Entfernung der Bestäubungsvölker sank. Standen die Völker 300 m entfernt, war der Ertrag 5100kg/ha; waren sie 900-1200m entfernt, war der Ertrag 2700kg/ha und bei einer Entfernung von 1500-1900m sank der Ertrag auf 2300kg/ha.

Obwohl Apfel eine attraktive Futterpflanze für Honigbienen ist, blühen zur selben Zeit auch Löwenzahn oder Raps und eine Menge anderer Pflanzen, die reichlich Nektar bieten und locken somit einen Teil der Bestäubungsbienen von der Zielkultur weg. Noch dramatischer sind die Ergebnisse bei nicht besonders bienenattraktiven Pflanzen wie Birne, Luzerne etc.

Ein Landwirt sollte sich also nicht auf die Bestäubung von Bienenvölkern verlassen, die 1000m entfernt stehen, sondern sich mit dem Imker arrangieren und eine entsprechende Vereinbarung treffen, um die Völker direkt bei der Kultur zu haben.

Die Bestäubungsleistung in der Zielkultur ist die ersten 100m ausgezeichnet, bei größeren Entfernungen, nimmt der Bienenbeflug dramatisch ab. Deshalb müssen bei größeren Flächen die Bienenvölker verteilt aufgestellt werden, um eine gleichmäßige Bestäubung zu gewährleisten.

Blütenstet:

Unter Blütenstet versteht der Imker die Eigenschaft der Honigbiene, während ihrer Bestäubungstätigkeit nur eine Pflanzenart zu befliegen. Für die gezielte Bestäubung einer Zielkultur ist das wesentlich.

Die Treue einer Biene zu ihrer Pflanzenart ist ja symbolisch, es gibt aber Indizien, die diese Blütenstetigkeit in Frage stellen könnten:

So kann der interessierte Imker, der eine Biene mit 1000facher Vergrößerung unter dem Mikroskop betrachtet, feststellen, dass Pollen verschiedener Pflanzenarten in ihrem Pelz sind. Wie kann das sein, wenn sie nur eine Pflanzenart befliegt?

Die Erklärung liegt darin, dass Honigbienen innerhalb des Bienenstocks sich gegenseitig berühren und so Pollen von Bienen, die andere Pflanzenarten befliegen aufnehmen. Im Durchschnitt haben Bienen 3,4 verschiedene Pollenarten im Pelz. (Free und Williams, 1972) Sehr beeindruckend wurde die Tatsache der Bienenstock

internen Pollenübertragung von DeGrandi-Hoffmann et al. (1986) dokumentiert: Er fixiert einige neu geschlüpfte Bienen beim Bienenstockeingang und bei einigen fixierte er die Flügel, sodass bei beiden Varianten diese Bienen keine Möglichkeit hatten, mit Blüten in Berührung zu kommen. Nach 3 – 4 Stunden konnte er mit den Körpern dieser Bienen und von sich frei bewegenden Drohnen (Drohnen befliegen keine Blüten) erfolgreich Apfelblüten per Hand bestäuben; d.h. alleine durch den Kontakt mit anderen Bienen im Stock hatten diese Versuchsbiene ausreichend Pollen in ihrem Pelz, um mit ihren Körpern die Apfelblüten zu befruchten.

Free und Williams (1972) stellten fest, dass im Durchschnitt jede Biene 2000 – 5000 Pollenkörner am Körper hat, noch bevor sie das erste Mal ausfliegt.

Also generell zeigen alle Untersuchungen, dass Honigbienen blütenstet sind, so konnten bei Analysen der von den Bienen gesammelten Pollenhöschen nur 0 – 11% als nicht rein von einer Pflanzenart qualifiziert werden, das bedeutet, dass 89 – 100% der untersuchten Pollenhöschen von blütensteten Honigbienen gesammelt wurden (z.B. Percival, 1947; Maurizio, 1953; Free, 1963). Wie man hier sieht, gibt es auch bei den Honigbienen die berühmten Ausnahmen, die die Regel bestätigen.

Die Blütenstetigkeit der Honigbiene ist ein ganz wesentliches Qualitätsmerkmal, ohne das die professionelle Nutzung der Honigbienen zur Pollination in der Agrokultur nicht möglich wäre.

Zeitpunkt des Fluges:

Der Zeitpunkt des Bienenfluges entscheidet, welche Kultur hauptsächlich befolgt wird. Besonders der Zeitpunkt, da Spurbienen das erste Mal ihre Umgebung befliegen, entscheidet oft über die Pflanzenart, die anschließend von den meisten Bienen genützt wird.

Da die meisten Pflanzen in der Regel die Nektarmenge in unterschiedlicher Intensität zu verschiedenen Tageszeiten offerieren, steigt oder sinkt damit auch ihre Attraktivität für Bienen. Sind Honigbienen bereits auf eine Pflanzenart konditioniert, spielen diese Unterschiede nur eine untergeordnete Rolle. Entscheidend ist aber der erste Ausflug, bei dem die Bienen sich für eine Zielpflanzenart entscheiden sollen. Hier ist es wesentlich, dass die Zielpflanzenart ihren Höhepunkt in der Nektarsekretion beim Öffnen des Fluglochs hat.

Pollensammlerinnen sind effektiver:

Vergleicht man Nektarsammlerinnen und Pollensammlerinnen in ihrem Verhalten in der Blüte, wird man schnell feststellen, dass die Nektarsammlerinnen sich wesentlich ruhiger verhalten und auch länger pro Blüte verbleiben. Pollensammlerinnen bewegen sich wesentlich stärker in der Blüte, berühren durch das Sammeln von Pollen wesentlich intensiver die Staubgefäße und auch den Stempel und verbringen kürzere Zeit in der einzelnen Blüte, somit befliegen sie mehr Blüten pro Minute als die Nektarsammlerinnen. All diese Unterschiede führen dazu, dass Pollensammlerinnen effektiver in der Bestäubung sind als Nektarsammlerinnen.

Deshalb versucht der professionelle Bestäubungsimker den Anteil der Pollensammlerinnen an den Flugbienen zu erhöhen. Untersuchungen bestätigen die Beobachtungen der Imker, die einen erhöhten Polleneintrag bei starker Brut feststellen können. Besonders beeindruckend ist diese Beobachtung im Frühling, wenn die erste größere Brutwelle angelegt ist. Das Verhältnis zwischen Bienen und Brut ist entscheidend. So kann ein kleineres Volk mehr Pollen sammeln als ein vergleichbar größeres, allein aufgrund des größeren Brut zu Bienen Verhältnisses. Im Frühjahr kommt es vor, dass sogar mehr Brut als Bienen vorhanden ist, das führt fast zum ausschließlichen

Pollensammeln.

Der Imker kann das Pollensammeln erhöhen durch Füttern mit Zuckerlösung. Besonders in nicht besonders bienenattraktiven Zielkulturen ist es dringend zu empfehlen, die Bienen durch Zuckerlösungsfütterung zum Pollensammeln zu motivieren, auch deshalb, da Untersuchungen ergeben haben, dass bei Zuckerfütterung die Sammlerinnen näher am Bienenstock sammeln. Somit wird nicht nur die Anzahl der Pollensammlerinnen gesteigert, sondern auch erreicht, dass sie eher in der Zielkultur bleiben und nicht so sehr Ausschau nach lohnenderen Nektarquellen halten, da jetzt eher Pollen als Nektar wichtig ist.

Da bei solchen Zielkulturen natürlich mit keinem Honigertrag und noch dazu mit einem erhöhten Arbeits- und Geldaufwand durch die Zuckerlösungsfütterung kalkuliert werden muss, hat der Gärtner auch Verständnis für eine höhere Pollinationsprämie pro Volk als bei bienenattraktiven Kulturen.

BESTÄUBUNGSMANAGEMENT

Unter Bestäubungsmanagement versteht man die Art und Weise der Organisation und Pflege des Bienenvolkes, um den gewünschten Befruchtungseffekt bei der Zielpflanzung zu erreichen.

Das Interesse des Gärtners oder Obstbauern ist eine perfekte Bestäubung und darauffolgende Befruchtung der Kultur, verbunden mit den geringsten Belästigungen wie z.B.: Stiche, Arbeitsaufwand durch die Bienenstöcke aber auch natürlich Kosten.

Das Interesse des Imkers liegt selbstverständlich im Erhalt seiner zufriedenen Kunden, gefolgt von der Erhaltung der Bienenvölker (Spritzmittelproblematik, Verhungern, etc.) und einem möglichst geringen manipulatorischen Aufwand während der Bestäubungszeit, um sein Service kosteneffizient anbieten zu können.

Aufgrund dieser teils verschiedenen Interessen ist ein offenes Gespräch und eine klare Vereinbarung zwischen Gärtner und Imker sinnvoll, damit beide im Vorhinein wissen, was sie zu erwarten haben und keine Missinterpretationen der erhofften Leistungen passieren. Im Anhang befindet sich ein Muster eines Bestäubungskontraktes.

Das richtige Bienenvolk:

Gerade bei Honigbienenvölker gibt es gravierende Qualitätsunterschiede beim Begriff: „Volk“. So kann ein Bienenvolk aus einer Königin und hundert Bienen bestehen (wie es z.B. bei der Königinnenvermehrung verwendet wird) aber auch aus einer Königin und 50.000 Bienen und nochmals fast so viel Brut bestehen. Beide Extreme sind im Bestäubungsmanagement schwierig. Bei zu kleinen Völkern fehlt einfach das Heer an aktiven Bestäubungsbienen, bei zu großen Völkern ist der Transport ein Problem und die Gefahr des Schwärmens permanent. Falls das Volk schwärmt, ist mit einem Schlag der Großteil der Flugbienen weg, es entsteht auch eine Brutlücke, bis die neue Königin ihre Legetätigkeit aufnimmt. Beide Tatsachen führen zu einem sehr eingeschränkten Bienenflug und das gutgemeinte Zuviel wirkt sich negativ aus.

Ein ordentliches Bestäubungsvolk sollte 7 bis 10 Waben bienenbesetzen und 4 bis 6 Waben mit Brut haben. Dies sollte die Orientierung für Imker aber auch für den Gärtner sein, der sich mit ruhigem Gewissen einige Völker öffnen lassen soll, um eine Bestätigung dieser Qualität zu bekommen. Das beruhigt beide und sollte auch im

Bestäubungskontrakt vereinbart worden sein.

Schwächere Völker erhalten einen Abzug in der Bestäubungsprämie, stärkere verdienen eine Draufgabe seitens des Gärtners.

Ein weiteres Qualitätsmerkmal ist die Entwicklung des Volkes. Wie bereits beschrieben, wenn es schwärmt, ist es für die darauffolgenden Tage als Bestäubungsvolk nicht nützlich und auch nicht die vereinbarte Bestäubungsprämie wert. Deshalb muss der Imker Maßnahmen treffen, um das Volk leistungsfähig zu halten. Er kann bei zu starken Völkern Bienen- und Brutmaterial schröpfen, ohne die Flugtätigkeit merklich einzuschränken und bewahrt so das Volk vor der natürlichen Teilung.

Bei den meisten Bestäubungskulturen ist aber eher das Gegenteil der Fall: die Völker werden schwächer. Bei nektararmen Pflanzen muss der Imker füttern, um die Bruttätigkeit und somit die Volkstärke zu erhalten. Auch das muss bei den Kosten mitgerechnet werden.

Eine Faustregel besagt, dass die Völker nicht schwächer aus einer Bestäubungskultur kommen sollten, als sie hingebraucht wurden. Dies zu erreichen, zeichnet einen guten Imker aus.

Bienendichte:

Die notwendige Zahl von Bienenvölkern pro Hektar ist in der wissenschaftlichen Literatur hinreichend behandelt, sodass für nahezu alle Kulturen Empfehlungen betreffend Bienendichte zu finden sind.

Generell hängt die notwendige Bienendichte von mehreren Faktoren ab:

Jahreszeit: Blühkulturen zeitig im Frühjahr benötigen eine höhere Anzahl von Völkern/ha, weil der Flugradius bei kühler Witterung sehr eingeschränkt ist (oft nicht viel mehr als 100m) und die Flugzeit pro Tag oft nur ein bis zwei Stunden sein können. Da ist es umso wichtiger, dass unter diesen Bedingungen wirklich Bienen im Überfluss vorhanden sind, um den gewünschten Erfolg zu bringen. Wer da an den Bienenvölkern spart, verdient nicht gerne Geld. Wer sich vorstellt, wie kostenaufwendig z.B. eine Kirschkultur oder Marillenkultur ist und wie gering im Vergleich dazu die Kosten für einige Bienenvölker/ha mehr sind, wird erkennen, dass bei der Zahl der Bienenvölker kein Geld gespart werden kann.

Wetter: Bei schlechtem Wetter benötigt man logischerweise mehr Flugbienen als bei Sonnenschein, da ähnlich wie im Frühjahr nur kurze Zeitfenster für den Bienenflug genutzt werden können.

Bienenattraktivität der Kultur: Die Bienenattraktivität von Pflanzen hängt maßgeblich von der Nektarsekretion ab. Je mehr Nektar eine Pflanze produziert, umso mehr Bienen werden dort arbeiten. Deshalb sollte die Pflanzenzüchtung Sorten forcieren, die reichlich Nektar produzieren. Bei Kulturen mit geringer Nektarproduktion benötigt man eine höhere Anzahl an Bienenvölkern.

Konkurrenzblüten: Das Thema Konkurrenzblüten wird meist relativ radikal gelöst: Man versucht die Nichtzielblüten, z.B. Löwenzahn bei Kirsche oder Raps bei Apfel zu entfernen. Da greift der Obstbauer gerne zum Häcksler (oder gar zu Herbiziden) um den Löwenzahn loszuwerden, häckselt dabei eine Unmenge an Honigbienen mit und entzieht auch den außer den Honigbienen noch vorhandenen natürlich vorhandenen

Bestäubern wie z.B. Hummeln oder solitären Bienen die Nahrungsgrundlage. Dadurch wird er in den folgenden Jahren weniger natürlich vorhandene Bestäuber haben. Es ist umweltbewusster und für das Gewissen des Obstbauern besser, wenn er einfach die Kosten für einen Häckslereinsatz oder eine Herbizidspritzung in ein paar Bienenstöcke mehr investiert. Der Vorteil ist der Erhalt der natürlichen Bestäuber in einem Gebiet und ein wesentlich besserer Bestäubungserfolg, ohne dass Mehrkosten entstehen. Auch andere Pflanzen haben ihr Recht auf Blüten!

Zielkultur: Natürlich hängt die notwendige Bienenanzahl auch vom Auftreten der Blüten ab. Bei Kulturen mit Massenblüten (Kirsche) werden mehr Völker pro Hektar benötigt als z.B. bei Kürbis, wo alle paar Meter eine Blüte um Bestäuber wirbt.

Das Sparen bei der Anzahl der Bienenvölker ist falsch. Es ist zwar nicht notwendig, viel zu viele Völker pro Kultur aufzustellen, aber hier ist ein zu viel wesentlich sinnvoller als ein zu wenig. Hat der Gärtner die perfekte Bestäubung versäumt, kann er nichts mehr tun, um dieses Manko wettzumachen. Hier passieren schnell Verluste von mehreren Tausend Euro pro Hektar, nur weil man vielleicht 150 Euro sparen wollte. Die genauen Völkerangaben pro Hektar finden sich später bei den jeweiligen Kulturen.

Aufstellungsmuster:

Nahezu gleich wichtig wie die Anzahl der Bienenvölker pro Hektar ist ihre Anordnung in der Plantage. Da Bienen die Angewohnheit haben, möglichst effizient Nektar und Pollen zu sammeln, werden sie nahe Pflanzen bevorzugen und entferntere vernachlässigen. Diesem Verhalten muss mit einer verteilten Aufstellung der Bienenvölker begegnet werden, damit ein gleichmäßiger Bienenbeflug auf allen Pflanzen gewährleistet ist.

Für den Imker ist es angenehmer und günstiger, wenn alle Völker in einer Reihe am Rand des Feldes aufgestellt werden. Für den Gärtner ist es aber notwendig, dass die Völker so gleichmäßig wie möglich in der Kultur verteilt sind. Da der Imker die Bienen zur Bestäubung verleiht, ist dem Bedürfnis des Gärtners Vorzug zu geben, um eine perfekte Bestäubung zu erreichen.

Die verteilten Aufstellungsplätze in der Plantage müssen vorher auf einem Plan gemeinsam von Gärtner und Imker fixiert werden und dem Bestäubungsvertrag beigelegt werden, erstens damit der Imker bei der Aufstellung, die meist in der Nacht stattfindet, sich orientieren kann und zweitens damit es zu keinen Missverständnissen zwischen Imker und Gärtner kommt.

Generell gilt beim Aufstellungsmuster ähnliches wie bei der Bienendichte. Je Kultur und Jahreszeit wird das Aufstellungsmuster der Völker mehr oder weniger an Bedeutung haben. Kann der Imker z.B. bei einem Sonnenblumenfeld ruhig Blöcke mit 30 Völkern und einem Abstand zum nächsten Block von 1000m sich leisten, wäre solch eine Aufstellung bei einer Kirschkultur falsch. Bei frühen Kulturen mit nur kurzen Bienenflugintervallen pro Tag ist ein wesentlich dichteres Aufstellungsmuster notwendig. Der effektive Flugradius wird kaum mehr als 100m betragen, deshalb sollten die Völker nicht viel mehr als 200m voneinander Abstand haben. Den Abstand kann man durch die Anzahl der Völker etwas variieren. Stehen viele Völker zur Verfügung, kann man größere Blöcke mit größeren Abständen machen, da sich die Bienen konkurrieren und somit gezwungen sind auch weiter entfernt vom Bienenstock noch Pollen zu sammeln. Auch aus diesem

Blickwinkel ist eine höhere Bienenvolkzahl pro Hektar als unbedingt notwendig zu bevorzugen.

Der Gärtner sollte die Möglichkeiten zur Bienenstockaufstellung so vorbereiten, dass der Imker mit dem Auto direkt zum Abladen zufahren kann, da das strapaziöse Tragen der Völker über weitere Distanzen heutzutage kaum jemandem zugemutet werden kann und es als ein Zeichen des Respekts des Gärtners für den Imker gilt.

Die Bienenvölker sollten wenn möglich so nahe wie möglich an der Kultur stehen. Falls das schwer möglich ist, können die Völker auch bis zu 1000m entfernt stehen, wenn dazwischen keine Konkurrenzblüten vorkommen. Wir stehen mit unseren Bienenvölkern meist in Windschutzgürtel, die oft durch ein Getreidefeld von der Zielkultur entfernt sind. Diese Form der Aufstellung hat keinen Nachteil in der Bestäubung, sofern man die Bienenvolkzahl etwas erhöht und im besten Fall die Kultur von verschiedenen Seiten (mehrere Bienenstände in verschiedenen Windschutzgürtel) befliegen lassen kann. Ein wind- und sonnengeschützter Aufstellungsplatz ist vorteilhafter als eine Aufstellung in der prallen Sonne, wo die Bienenvölker allen Witterungseinflüssen direkt ausgesetzt sind.

Wichtig zu wiederholen wäre hier die Notwendigkeit einer Bienenränke, um die Versorgung der Bienen mit Wasser zu garantieren.

Zeitpunkt der Aufstellung:

Honigbienen haben eine hochentwickelte Sprache, diese führte nicht nur bei Evolutionswissenschaftlern zu Erklärungsnotstand (man ist sich einig, dass die Entwicklung einer Sprache einer gewissen Mindestgehirnstrukturierung wie z.B. beim Menschen bedarf) sondern ist die Honigbiene das einzige Tier, deren Sprache jeder Mensch nach ein paar Minuten Einschulung verstehen kann. Der Dank für diese Erforschung gebührt Karl von Frisch, der für seine Arbeit mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde.

Einen der amüsantesten Versuche zur Kommunikation der Honigbienen machte Enoch Zander: Er nahm eine Honigbiene von einem Volk, das nahe an einem großen See stand und fuhr mit einem Boot zur Seemitte, um dort die Biene mit Zuckerslösung zu füttern. Wie es für Bienen üblich ist, flog sie sofort zu ihrem Bienenvolk zurück und teilte den anderen Bienen mit, dass es draußen mitten am See eine Futterquelle gäbe. Normalerweise starten mehrere Bienen, um solche gefundenen Futterquellen zu nützen. In diesem Fall startete aber keine einzige Biene Richtung See, da sie „wussten“, dass mitten im See keine Futterquelle sein kann und sich wohl „dachten“: Die Biene lügt doch. Da sieht man, dass sogar Bienen Probleme mit der Glaubwürdigkeit haben, wenn sie etwas Neues entdecken; ein durchaus menschliches Schicksal.

Es ist zwar nicht notwendig, dass der Imker mit seinen Bienen den Bestäubungseinsatz „bespricht“, aber muss er sich der hohen sozialen Organisationsform bewusst sein, um keine Fehler im Bestäubungsservice zu machen.

Bei den Honigbienen fliegen zuerst einige sogenannte Spürbienen aus, um eine neue Gegend nach möglichen Futterquellen abzusuchen. Sie kommen zurück und berichten, was es wo in welcher Qualität gibt. Nun entscheiden sich mehrere Bienen für die effektivste Futterquelle, fliegen dorthin und kommen mit der gleichen Nachricht zurück, um noch mehr Bienen für diese Pflanzen zu begeistern. Nach kurzer Zeit fliegt ein Großteil der Bienen zu diesen Pflanzen. Das heißt, es sucht nicht jede Honigbiene die Gegend aufs Neue auf Futterquellen ab, sondern nur wenige machen diese Arbeit, alle anderen werden dann dorthin gelotst.

In der Regel hören die Bienen erst auf, diese Futterpflanzen zu befliegen, wenn sie erschöpft sind. Erst dann wird wieder nach neuen Quellen gesucht.

Nun hängt es oft vom Zufall ab, welche Pflanzen zuerst von den Spürbienen entdeckt werden und somit welche Pflanzen hauptsächlich vom Bienenvolk befliegen werden. So kommt es vor, dass zwei Bienenvölker, die nebeneinander stehen, verschiedene Pflanzenarten befliegen, dass führt immer wieder zu Erstaunen bei Imkern, die Pollen sammeln.

Wie kann nun der Imker dieses Wissen verwerten? Er muss darauf achten, dass die Spürbienen seines Bestäubungsvolkes die Zielkultur zuerst finden und alle anderen Bienen dorthin navigieren.

Am leichtesten geht das, wenn der Aufstellungszeitpunkt der Völker so gewählt wird, dass bereits 10% der Zielkultur blüht. Somit stürzen sich die Spürbienen sofort auf diese Blüten und die Konditionierung auf die Zielkultur hat funktioniert.

Die meisten Pflanzen haben zu bestimmten Tageszeiten ihren Höhepunkt der Nektarsekretion. Nun sollte der professionelle Bestäubungsimker die Bienen nach der Aufstellung genau zu diesem Zeitpunkt erstmals fliegen lassen, um sie von der Attraktivität der Zielkultur zu überzeugen.

So bietet die Kürbisblüte oder auch die Buchweizenblüte um ca. 7 Uhr in der Früh den meisten Nektar an. Will der Imker nun diese Kulturen bestäuben, so öffnet er die Fluglöcher in aller Herrgottsfrüh oder in der Nacht davor. Versäumt er diesen Zeitpunkt, darf er sich nicht wundern, wenn die Bienen lieber zur Linde oder zum Himalaya-Springkraut fliegen.

Der Aufstellungszeitpunkt, besser der Zeitpunkt des erstmaligen Öffnens des Bienenstockes ist eine der wichtigsten Konditionierungsmöglichkeiten, die ein Bestäubungsimker hat.

Wir haben seit Jahren Bienenvölker zur Buchweizenbestäubung an Landwirte vermietet. Zu Beginn kam eine besorgte Anfrage eines Bauern, dass doch keine Bienen auf den Buchweizenblüten zu sehen wären. Da ich mir dieses Phänomen auch nicht erklären konnte, habe ich ihn um einen gemeinsamen Termin am Feld gebeten. Tatsächlich flogen kaum Bienen im Buchweizenfeld. Meine Bestäubungsprämie schon schwinden sehend, wollte ich den Bauern überzeugen, dass es nicht an den Völkern liegen kann und öffnet den ersten Bienenstock. Er war übervoll mit Bienen, wir waren uns einig, Bienen sind genug da. Als wir die Waben zogen, sahen wir volle Honigwaben mit Buchweizenhonig. Der Buchweizenhonig ist charakteristisch dunkelrot und schmeckt leicht nach Ammoniak, also sehr leicht zu erkennen. Wir hatten somit die Erkenntnis, dass die Bienen den Buchweizen intensiv befliegen. Damals wurde es mir erstmals bewusst, dass die Tageszeit eine entscheidende Rolle spielt. Wir vereinbarten am nächsten Tag um 6 Uhr früh einen neuen Termin am Feld und siehe da, das ganze Feld war ein einziges Orchester von summenden Bienen.

Konkurrenzpflanzen:

Bei der gezielten Bestäubung durch Honigbienenvölker ist darauf zu achten, dass keine attraktiveren Konkurrenzpflanzen zwischen der Zielkultur und den Völkern blüht. Die Attraktivität von Pflanzen hängt hauptsächlich von der Intensität der Nektarsekretion und nachgeordnet von der Pollenproduktion ab. Bienen müssen nicht direkt bei der Zielkultur stehen, Entfernungen bis zu einem Kilometer sind ohne Bestäubungsunterschiede möglich, Voraussetzung dafür ist das Fehlen von näheren Konkurrenzpflanzen.

Das Ausbringen von Fremdpollen mit Bestäubungsvölkern:

Gastkapitel von Wolfgang Stebegg

Bei der Ausbringung von Fremdpollen versucht man die Biene als Transportmittel zu nützen. Dabei soll sie Blütenpollen in ihr Haarkleid aufnehmen, indem sie beim Verlassen des Flugloches einen Dispenser passiert, welcher am Flugloch des Bienenstockes angebracht und mit Staubmehl versehen ist. Diesen Pollen sollte die Biene dann in weiterer Folge bei ihren Blütenbesuchen bei der zu bestäubenden Kultur auf die Narben der Blüten übertragen. Diese recht effektive Methode findet bei verschiedensten Obstkulturen weltweit Anwendung. Es ist als erheblicher Mehraufwand für den Imker anzusehen, liefert aber in vielen Bereichen wo Befruchtungsprobleme auftreten können gute Lösungen. Bei diesem so genannten Fremdpollen handelt es sich nicht um von Bienen gesammelten Pollen, sondern um spezielle Verfahren bei denen das Staubmehl aus den Blüten geerntet wird. Auf diese Polenproduktion haben sich einige Firmen in den USA spezialisiert von denen viele Europäer Pollen für die Fremdpollenausbringung importieren.



Bild: Die Bienen müssen beim Ausfliegen einen Dispenser passieren.

Bei folgenden Befruchtungsproblemen kann mit Fremdpollen gearbeitet werden:

1. Wenn keine geeignete Befruchtersorte zur Verfügung steht.
2. Wenn eine Gruppensterilität angepflanzter Sorten besteht. Darunter versteht man ein sehr nahes Verwandtschaftsverhältnis unter Sorten welche sich nicht gegenseitig befruchten können.
3. Wenn der Blütezeitpunkt von Sorten nicht ideal übereinstimmt. Dies kann zum Beispiel recht häufig bei Kirschen der Fall sein.

Die Aufwandmenge liegt bei 100 Gramm pro Hektar. Die Kosten pro Gramm betragen 1,50US\$ bei Kirschkollen. Durch dem vorhin schon erwähnten Mehraufwand wird natürlich auch vom Imker ein bestimmter Betrag für die Betreuung der Völker und das einstreuen des Fremdpollens in die Dispenser dem Kunden gegenüber in Rechnung gestellt werden müssen, welcher den Kosten für die Bienenvölker selbst noch zuzurechnen ist.

Anwendung:

Der Pollen wird nach dem Import in einem Gefrierschrank gelagert, muss aber vor Gebrauch auf Umgebungstemperatur gebracht werden. Würde man den Pollen noch in sehr kaltem Zustand in die Dispenser streuen, so würden die Bienen nicht das Flugloch über den kalten Pollen verlassen wollen.

Für ein befriedigendes Befruchtungsergebnis sind zwei Applikationen erforderlich.

Die erste Applikation sollte erfolgen bei 50 – 60% geöffneter Blüten. Die Zweite, sobald die Vollblüte erreicht ist.

Ein wesentlicher Faktor dabei sind natürlich die Witterungsverhältnisse. Es würde keinen Sinn ergeben Staubmehl in die Dispenser zustreuen bei kühler Witterung nur weil die Gewächse zu 50 – 60% in Blüte stehen. Hierbei ist es von Vorteil noch mit der Applikation etwas zuzuwarten bis eine Wetterbesserung eintritt. Die Blüten sind am aufnahmefähigsten wenn gewisse Parameter wie eine Temperatur von 17°C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 70% vorherrschen. Unter diesen Voraussetzungen wird auch der Fremdpollen wenn er durch eine Biene auf eine Narbe eines Stempels aufgebracht wird am schnellsten ankeimen.

[ENDE DES GASTKAPITELS von WOLFGANG STEBEGG]

Fütterung:

Durch die Fütterung mit Zuckerwasser oder Honig wird der Anteil der Pollensammlerinnen an den Flugbienen erhöht. Da die Pollensammlerinnen die effektiveren Bestäuberinnen sind, kann dadurch der Bestäubungserfolg erhöht werden. Besonders bei nicht sehr bienenattraktiven Kulturen (kaum Nektarsekretion) wie Karotte, Tomate oder Birne ist eine Fütterung unbedingt notwendig.

Konditionierung:

Unter Konditionierung versteht man das Antrainieren von bestimmten Fertigkeiten meist bei Tieren (leider auch bei Menschen) durch den Menschen, wie es z.B. im Zirkus üblich ist. Eines der berühmtesten Beispiele für Konditionierung ist wohl der Pawlowsche Hund. Pawlow hat, um seinen Hund zum Fressen zu rufen, mit einer Glocke geläutet. Der Hund kam und bekam sein Fressen, dies wiederholte sich mehrmals. Das Erstaunliche war, dass mit der Zeit der Hund bereits allein durch das Läuten der Glocke einen intensiven Speichelfluss unabhängig von der späteren Nahrungsaufnahme hatte. Er war konditioniert, dass es beim Läuten Fressen gibt und hatte Speichelfluss auch ohne nachfolgendes Fressen.

Nun gibt es für den professionellen Bestäubungsimker verschiedene Methoden der Konditionierung seiner Bienenvölker:

Öffnungszeitpunkt des Fluglochs:

Wie bereits im Kapitel Aufstellungszeitpunkt kurz beschrieben kann der Imker die Bienen dank ihrer hochentwickelten Sprache durch das Öffnen des Flugloches zum Zeitpunkt der höchsten Nektarsekretion der Zielpflanze auf die gewünschte Zielkultur konditionieren. Da die Spürbienen, die als erste diese Zielkultur befliegen und die Information der lohnenden Futterquelle an die anderen Stockbienen weitergeben, ist es möglich, einen Großteil der Flugbienen auf eine bestimmte Kultur zu trainieren und sie von Konkurrenzblüten eher fernzuhalten. Die Zeiten der maximale Nektarsekretion finden sich bei den Beschreibungen der einzelnen Kulturen.

Lockstoffe:

Es gibt eine Vielzahl von Versuchen, Duftstoffe oder andere Reizstoffe auf Zielpflanzen zu sprühen, um Bienen anzulocken. Die Ergebnisse lassen meist zu wünschen übrig. So gibt es Berichte über den Einsatz von Zuckerlösung, die auf Erdbeerpflanzen während der Blüte gesprüht wurden mit dem Ergebnis, dass nicht der Bienenbeflug gesteigert wurde sondern ein intensiver Botrytisbefall auftrat. Es gibt im Handel verschiedene künstliche Lockstoffe, um einen erhöhten Bienenbeflug zu erreichen, die wissenschaftlichen Grundlagen für solche Produkte sind aber meist nicht allzu zufriedenstellend. Es ist noch eine Menge Forschungsarbeit notwendig, um wirklich effektive Bienenlockstoffe zu entwickeln, die wirklich den Ertrag der Zielkultur erhöhen.

„Ältere Geschwister“:

Diese von mir entwickelte Methode (Mandl, Boku) ist dem menschlichen Verhalten abgeschaut. Besonders Kinder machen gerne das nach, was ihnen ältere Geschwister oder Freunde vormachen, oft sehr zur pädagogischen Herausforderung der Eltern. So beginnen Jugendliche zu rauchen, weil sie es von ihren Vorbildern gesehen haben.

Genau dieses Verhalten kann dank der hochentwickelten Bienensprache vom Bestäubungsimker genützt werden.

Unsere Versuche dazu sahen folgendermaßen aus:

Wir hatten Bestäubungsvölker in der Kirschblüte bei Wien, die Kirschblüte in der Steiermark ist ca. 2 Wochen später. Wir haben Völker, die vorher keinen Kontakt mit Kirschblüten hatten in die Steiermark zur Kirschbestäubung gebracht und einigen Völkern vor dem Öffnen der Fluglöcher Bienen (teilweise in Form von bienenbesetzten Waben, teils nur von Flugbienen) von den Völkern dazugegeben, die bereits in der früheren Kirschblüte bei Wien gearbeitet hatten. Das erstaunliche Ergebnis: Die Völker, die bereits in der Kirschblüte erfahrene Bienen bekommen haben, hatten einen signifikant höheren Kirschkollenanteil (wesentlich stärkerer Kirschblütenbeflug) als die Vergleichsvölker ohne die „Vorbilder“ aus der Wiener Kirschblüte.

Durch das Zugeben von bereits in der Zielkultur erfahrenen Bienen vor dem Öffnen des Fluglochs wird der Beflug in der Zielkultur wesentlich erhöht und das Bestäubungsergebnis verbessert. Gerade in Österreich mit seinen unterschiedlichen klimatischen Regionen bietet sich diese Methode an und natürlich besonders in der Glashausbestäubung.

Zielfütterung:

Eine in manchen Berichten beschriebene Methode sieht folgendermaßen aus: Man nimmt Blüten der Zielkultur, mischt sie in Zuckerlösung und verfüttert das Gemisch anschließend an die Bienenvölker. Unsere Versuche haben keinerlei signifikante Unterschiede zwischen den Völkern, die mit der Blütenzuckerlösung und den Völkern, die nur mit Zuckerlösung gefüttert wurden, gezeigt. Da einige Bestäubungsimker diese Methode trotzdem für wichtig halten, sei sie hier erwähnt. Ähnliche Methoden sind: Blüten der Zielkultur in den noch geschlossenen Bienenstock zu legen, damit die Spürbienen zuerst diese Blüten besuchen und die Information weitergeben. Oder Bienen aus dem noch geschlossenen Bienenstock zu nehmen und gezielt auf blühenden Ästen kurz mittels Netz festzuhalten, um sie dann zurückfliegen zu lassen. Obwohl alles logisch klingt, scheinen die Ergebnisse den Aufwand nicht zu rechtfertigen, aber dem Erfindergeist des Imkers sind bekanntlich keine

Grenzen gesetzt und wenn jemand eine erfolgreiche Methode entwickelt, möge er mich doch bitte informieren.

Erfahrene Völker:

Die wohl einfachste Form der Ausnützung einer Konditionierung ist das Verwenden von bereits in der Zielkultur erfahrenen Völkern. Was man schon kann, muss man nicht mehr neu lernen. Der Bestäubungsunterschied zwischen erfahrenen und unerfahrenen Völkern ist beeindruckend.

All diese Konditionierungsmöglichkeiten sind nur bei Honigbienenvölkern möglich, nicht bei Hummeln oder solitären Bienen. Auch das sollte ein Argument für den verstärkten Einsatz von Honigbienenvölkern zur Bestäubung sein.

Bestäubung unter Glas:

Der Einsatz von Bienen für die Bestäubung von Gewächsen im Glashaus und Folientunnel

Gastkapitel von Wolfgang Stebegg

Um in Glashäusern, deren Gewächse auf Fremdbestäubung angewiesen sind, brauchbare Erträge erwirtschaften zu können, ist das Einstellen von Bestäubungsinsekten unumgänglich, wenn man von der Möglichkeit der Handbestäubung absieht.

Bereits Anfang der Achtziger Jahre wurden in Japan drei Viertel aller Bienenvölker, welche für Bestäubungszwecke zum Einsatz kamen, bei Erdbeeren in Glashauskultur eingesetzt.

(Saki und Matsuka, 1982)

Lange Zeit wurden für diese Zwecke in Europa sehr teure und kurzlebige Hummelkolonien importiert, bis sich durch gewisse Pioniere unter den Imkern herausstellte, dass sich Honigbienen bei vielen Gewächsen weit effizienter in der Bestäubung zeigten.

Seit dem Beginn des 21. Jahrhunderts werden Bienen in ganz Europa für die Bestäubung in Gewächshäusern verstärkt eingesetzt.



Moderne Obst und Gemüseproduktion in beheiztem Gewächshaus

Aufstellungsmöglichkeiten in Gewächshäusern:

Es gibt verschiedene Möglichkeiten Bestäubungsvölker in Glashäusern und Folientunnel zu platzieren und einzusetzen. Einerseits ist es möglich Bienenvölker außerhalb des Folientunnels, andererseits aber auch innerhalb davon zu platzieren.

Bei der Aufstellungsform außerhalb des Gewächshauses haben die Bienen die Möglichkeit das zu bestäubende Gewächs zu besuchen. Die Voraussetzung dafür ist natürlich, dass die Seitenteile des Folientunnels hochgezogen sind, sodass die Bienen die Möglichkeit vorfinden barrierefrei einzufliegen. Bei Glashäusern müsste in diesem Fall eben ein gewisser Teil von Glaselementen von den Wandteilen herausgenommen werden. Die Völker werden dann zwar im Freien, jedoch unmittelbar am Rand dieser Öffnungen platziert. Diese Aufstellungsform kann als relativ „Bienenschonend“ bezeichnet werden, da die Völker recht vital bleiben und weniger Betreuungsaufwand durch den Imker benötigen. Die Bienenvölker sind bei dieser Aufstellungsvariante jedoch vollkommen den Außentemperaturen ausgesetzt. Dies birgt daher ein relativ hohes Risiko für den Gärtner in sich. Während kühlen Wetters würden die Bienen weit weniger fliegen und das würde zu Bestäubungsproblemen führen. Bei kühlen Temperaturen müssen immer viele Bienen im Stock bleiben um die Bienenbrut zu wärmen. Daher kommen bei dieser Aufstellungsform auch nur Völker auf 20 Waben zum Einsatz, und sie wird nur für den Zeitraum von Anfang Mai bis Ende September empfohlen.

Speziell bei der Gurkenbestäubung wird diese Art die Völker aufzustellen vorwiegend praktiziert.

Beim Einstellen von Bienenvölkern in geschlossenen Glashäusern kommen vorwiegend Völker, welche 6 bis 8 Rahmen, besetzen zur Verwendung. Dabei sollte Augenmerk darauf gelegt werden, dass die Kästen zwischen den Gewächsen platziert werden. Diese Völker reagieren auf das Glashausklima flexibler, indem sie auch in kühleren Perioden auf das Gewächs fliegen. Viele Gewächshäuser sind heutzutage mit Heizanlagen ausgestattet, sodass ständig eine Temperatur von mindestens 16°C vorherrscht. Aus diesem Grund wachsen die Pflanzen wesentlich schneller und die Bienen haben dadurch auch die Möglichkeit ständig zu fliegen. Daraus ergeben sich optimale Bestäubungsergebnisse.

Bei der Aufstellung der Völker außerhalb, als auch innerhalb des Glashauses wird als Norm für die Völkerzahl pro 1000m² von einem Bienenvolk ausgegangen.

Außerhalb des Glashauses platzierte Völker bleiben oft die gesamte Blühperiode des zu bestäubenden Gewächses an derselben Stelle. Die wesentlich kleineren Völker, welche im geschlossenen Glashaus stehen werden in der Regel spätestens nach drei Wochen durch neue ersetzt. Dies erfordert natürlich auch einen größeren Kosten- und Arbeitsaufwand. Aufgrund von Praxiserfahrungen aus Deutschland und den Niederlanden ist eine veränderte Form der Aufstellung im Glashaus erfolgt. Diese Variante wird von Gärtnern und Imkern als sehr effektiv angesehen. Dabei kommen Völker auf 20 Rahmen zum Einsatz, welche an den Rand des Glashauses platziert werden. Wichtig dabei ist das ein Glaselement neben dem Volk herausgenommen wird, sodass die Bienen auch die Möglichkeit haben ins Freiland fliegen zu können. Dadurch sind die Völker besser mit Pollen versorgt und bleiben somit auch längere Zeit effektiver bei der Bestäubung des Gewächses im Glashaus Inneren. Diese Völker müssen dann auch nicht nach drei Wochen ausgetauscht werden, sondern bleiben die gesamte Blühdauer des zu bestäubenden Gewächses im Glashaus stehen. Außerdem zeigte sich das diese stärkeren Völker eine Bestäubungskapazität für eine Fläche von 2000m² aufweisen.

Diese Variante kann somit für fast alle Obst und Gemüsearten, welche auf Fremdbestäubung angewiesen sind empfohlen werden.

Auf gar keinen Fall darf es Öffnungen in Glashäusern für die Bienen geben wenn es um die Bestäubung von Samenzuchtgewächsen und auch bei der Zucht von Gewächsen geht bei welchen das Vermeiden von unerwünschten Kreuzbestäubungen gewährleistet werden muss.

Für Lüftungszwecke müssen Netze angebracht werden, welche das hinausfliegen der Bienen ins Freiland verhindert. Beim Einstellen der Völker ist im vorgenannten Fall auch darauf zu achten das die Bienen zuvor nicht verwandte Gewächse befliegen haben. Dies ist im Bestäubungsregister der Völker zu dokumentieren.



Gerade in der Erdbeerproduktion sind Honigbienen für die Bestäubung nicht mehr wegzudenken. Weit weniger deformierte Früchte sind das Ergebnis im Vergleich zum herkömmlichen Einsatz von Hummelvölkern.

Wesentliche Punkte die in der Glashausbestäubung zu beachten sind:

- Die Völker sollten im Glashaus an einer hellen Stelle platziert werden, jedoch nicht in der Nähe von Heizquellen. Ein Lüftungsfenster sollte sich unmittelbar an der Stelle befinden, an der das Bienenvolk aufgestellt ist. Es soll die ganze Zeit über geöffnet bleiben so lange das Bienenvolk im Glashaus steht.
- Bei Gewächsen mit sehr langer Blühdauer, bei denen Völker durch neue ersetzt werden müssen, ist es zu empfehlen das beim Austauschen der Völker eine Überlappung von einigen Tagen erfolgt, um die Kontinuität des Befluges der Pflanzen sicherzustellen.
- Die Bienenkästen sollen vor starker Sonneneinstrahlung unter dem Glas geschützt werden. Dies erreicht man am besten indem man Styroporplatten auf die Dächer der Völker legt, um so eine Überhitzung zu vermeiden.
- Auf keinem Fall darf auf die Errichtung einer Bienentränke vergessen werden, welche durchgehend feucht zu halten ist. Die Bienen werden kein Wasser aus den feuchten Nährböden der Pflanzen aufnehmen, da diese sehr stark mit Düngemitteln versetzt sind und für die Bienen einen unnatürlichen Geruch und Geschmack aufweisen und sogar schädlich für die Bienen sein können.

- Ein gut verschließbares Flugloch und eine geeignete Luftzufuhr (bevorzugt Gitterboden) sind in der Bestäubungsimkerei unerlässlich. Dies ist für Pflanzenschutzmaßnahmen mit Bienengefährlichen Mitteln, damit die Völker kurzfristig verschlossen werden können oder eventuell ein paar Tage ins Freiland gestellt werden können, um abzuwarten bis sich die Wirksamkeit des Pflanzenschutzmittels abgebaut hat.
- Die Zufuhr von CO₂ zur Beschleunigung des Wachstums der Pflanzen wird sehr häufig in Gewächshäusern durchgeführt. Dabei ist es aber sehr wichtig zu wissen das Bienen bei einer zu hohen Konzentration von CO₂ in der Luft ihre Leistungsfähigkeit in der Bestäubung verlieren. Ein wesentlicher Faktor der CO₂ Zufuhr ist auch das die Bienen viel kurzlebiger werden. Dies zeigt sich auch daran das sich die Bienen in den Glashäusern sehr rasch „verheizen“.
- Die Bienen nur abends im Glashaus aufstellen, etwas zur Ruhe kommen lassen und erst danach die Fluglöcher öffnen. Am nächsten Tag erst werden sich die Bienen einfliegen, dadurch wird der Verflug und Verlust so gering als möglich gehalten.
- Die optimale Temperatur bei der Bestäubung liegt bei 20°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70%.
- Im Freiland fliegen Bienen ab einer Temperatur von 9°C, jedoch im Glashaus fliegen Bienen erst ab 16°C.
- Im Gegensatz zur Freilandbestäubung, bei der mindesten 10% der Blüten des jeweiligen Gewächses bereits aufgeblüht sein müssen, können Bienen auch in Glashäuser gestellt werden, in denen die Gewächse noch nicht in Blüte stehen. Das sollte dann geschehen wenn Bienen aus völliger Winterruhe heraus in beheizte Glashäuser zum Bestäubungseinsatz kommen. Dabei ist es sehr wichtig dass sie im Vorfeld eine gewisse Entwicklung durchmachen können, bevor das zu bestäubende Gewächs (z.B. Erdbeere) zu blühen beginnt. Die Voraussetzung dafür ist das die Völker dazu gebracht werden mit dem Brüten zu beginnen. Hierfür ist eine Pollenzufuhr von außen beziehungsweise ein natürliches (initiiertes) Pollenangebot sehr wichtig. Das kann zum Beispiel durch männliche Weidenkätzchen in Blüte erreicht werden. Diese kommen etwa zwei Wochen bevor das zu bestäubende Gewächs zu Blühen beginnt in das Glashaus. Die Weiden werden in Kübeln mit Wasser gestellt und überall im Glashaus verteilt. Die Bestäubungsvölker kommen aus der Winterruhe heraus ebenfalls 2 Wochen vorher in das Glashaus, damit sie zuerst den Pollen der Weiden sammeln können und um die Bruttätigkeit der Völker anzuregen. Das funktioniert natürlich nur im beheizten Glashaus. Zusätzlich kann von Seite des Imkers auch gemahlener Pollen vermischt mit Honig und Wasser den Bienen in kleinen Mengen (0,25 – 0,5 Liter) in zwei bis dreitägigen Abständen verabreicht werden. Hatten die Bienen jedoch die Möglichkeit schon einige Zeit im Frühjahr im Freiland zu fliegen, so können diese Maßnahmen weggelassen werden.
- Wenn die Bienen aus der direkten Winterruhe heraus in das Glashaus kommen, besteht der Nachteil das sie im Zuge des Einfliegens auf den neuen Standort sehr stark an den Glashausscheiben abkoten werden, da sie vorher keine Möglichkeit hatten einen Reinigungsflug zu machen.
- Müssen Bienen aus einem beheiztem Glashaus wieder ins Freiland unter winterlichen Bedingungen zurückgestellt werden, so sollte man abwarten bis die Außentemperatur nicht mehr im Frostbereich liegt, denn dies wäre sehr schlecht für die bereits aufgezogene Brut und in weiterer Folge für das

Bienenvolk selbst. Wenn diese Möglichkeit nicht besteht ist es sinnvoll die Völker in ein Kühlhaus bei 6 bis 8°C für ein paar Wochen zu stellen.

- Auf die Futterreserven der Bestäubungsvölker ist ständig zu achten. Damit die Brutaktivität ständig erhalten bleibt empfiehlt es sich jede Woche eine kleine Flüssigfütterung zu geben. Dazu reichen in der Regel 1 bis 2 Liter dünne Zuckerlösung. Der Futtervorrat sollte bei Einraumvölkern von 5kg und bei Zweiraumvölkern auf 20 Waben von 8 kg immer gegeben sein.
- Manchmal werden Bienen auf erhöhten Plätzen im Glashaus über den Gewächsen platziert. Dies ist zwar für die laufenden Arbeiten an den Pflanzen durch Beschäftigte und Erntehelfer des Gärtners von Vorteil, aber es kann dabei zu Verlusten von Flugbienen kommen da die Bienen hierbei Orientierungsprobleme haben können.
- Es ist immer zu bedenken das Gewächse an Größe zulegen, wobei es dazu kommen kann das Bienenstöcke mit der Zeit fast vollkommen zugewachsen werden können. Es ist dafür zu sorgen, dass genügend Licht an die Stöcke heran kann. Nötigenfalls sind die Pflanzen ausreichend zurückzustutzen.
- Wenn die Möglichkeit von ungewünschten Kreuzbestäubungen besteht, so müssen die Bienen immer so platziert werden, dass der Imker beim betreuen seiner Völker nicht mit blühenden Pflanzenteilen in Kontakt gerät. Allein über die Kleidung wäre es schon möglich Staubmehl von verwandten Gewächsen zu übertragen. Dies wäre speziell in der Saatzucht ein Problem, da der Imker meist in verschiedenen Gewächshäusern auf einem Betrieb Bienen zu betreuen hat.



- Glashäuser von Gärtnern deren Dächer und Wände mit „Luxaglas“ versehen sind können die Ursache dafür sein das Bienen sich nicht orientieren können und daher auch keine befriedigende Bestäubung leisten. Wenn eine größere Anzahl von Glaselementen mit normalem Glas ersetzt werden, kann dieses Problem gelöst werden. Eine derartige Situation kann sich auch in Folientunneln ergeben, vor allem bei Folien welche mit UV – Block versehen sind. Durch natürliches Tageslicht können viele Probleme

vermieden werden. Die Bienen benötigen gewisse natürliche Strahlen des Sonnenlichtes um sich orientieren zu können. Bienen können sich durch die UV - Strahlen auch bei bewölktem Himmel orientieren. Vorhin genannte Materialien halten diese Strahlen ab, wodurch die Bienen einen Großteil ihrer Orientierungsfähigkeit verlieren. Auch normales Glas bremst einen Teil dieser Strahlen ab, aber nicht so viele das sie für die Bienen zum großen Problem werden.

- Bei Folientunneln ist es sehr wichtig, dass sie nach oben hin eine Lüftung aufweisen, denn durch das Kondenswasser welches sich auf der Folie bildet, können Bienen kleben bleiben und gehen somit verloren.
- In sehr großen Folientunneln haben Bienen immer mehr Orientierungsprobleme als im Glashaus.

[ENDE DES GASTKAPITELS von WOLFGANG STEBEGG]

Spritzmittelproblematik:

In den letzten 50 Jahren hat sich die landwirtschaftliche Produktion grundlegend geändert durch den mehr oder weniger gezielten Einsatz von Chemikalien zur Düngung und zum „Pflanzenschutz“. Da wir Menschen in der Nahrungskette ganz oben stehen, kommen früher oder später so gut wie alle Agrochemikalien, die wir in den Kulturen ausbringen, zu uns zurück. So können bei einem Durchschnittseuropäer mehrere chemische Verbindungen im Blut nachgewiesen werden, die direkt aus „Pflanzenschutzmitteln“ stammen. Korrekt betrachtet, vergiften wir uns meist langsam aber systematisch.

Gerade Kulturen, die der Bienenbestäubung bedürfen, dienen der gesunden Ernährung durch die zusätzliche Versorgung des menschlichen Körpers mit Vitaminen, Spurenelementen und pflanzlichen Ölen. Deshalb sollte der umsichtige Gärtner oder Obstbauer so gut wie möglich auf Beizen oder Spritzmittel verzichten, die eine nachhaltige Belastung unseres Ökosystems zur Folge haben.

So hat es vor rund 20 Jahren ein HCB- hältiges Maisbeizmittel gegeben, das aufgrund seiner krebserregenden Wirkung schon längst verboten ist. Leider kann man diese chemische Verbindung noch immer zum Teil im Öl der Kürbisse, die auf jenen Feldern wachsen, nachweisen, obwohl das Beizmittel schon seit 20 Jahren nicht mehr im Einsatz ist.

Die Firma, die diesen Wirkstoff verkauft hat, haftet aufgrund der Geschäftsbedingungen nicht dafür, übrig bleibt der Bauer, der ein so kontaminiertes Feld an seine Kinder vererben kann.

Deshalb liegt es im ureigenen Interesse jedes Produzenten, seine Felder vor dem zu gierigen Zugriff durch Chemiekonzerne zu schützen.

Als Empfehlung wäre hier angebracht, dass sich jeder Produzent von qualitativ hochwertigen Lebensmitteln eine Beratung über biologischen Landbau gönnt. Viele haben bereits festgestellt, dass es auch natürlicher möglich ist, wunderbare Früchte zu produzieren und der Konsument dankt es in der Regel durch höhere Preise für Bio-Produkte.

Die Agrochemikalienproblematik trifft uns in der Produktion von landwirtschaftlichen Gütern mithilfe von Bienenbestäubung in vielfältiger Form:

Vergiftung von Grund und Boden:

Wie bereits oben ausgeführt sind wir alle die Leidtragenden eines unkontrollierten Chemikalieneinsatzes. Vor allem unsere Nachfahren haben an den Folgen zu leiden.

Beizmittel:

Beizmittel sind chemische Verbindungen, die auf Saatgut aufgetragen werden, um es gegen Pilze und Fressfeinde zu schützen. Grundsätzlich war sich die chemische Industrie einig, dass chemische Verbindungen, die unter der Erde zum Einsatz kommen, „selbstverständlich“ keine Folgen für Honigbienen haben können.

Im Frühjahr 2008 zur Zeit der Rapsblüte hatten wir bei einigen Bienenständen immense Bienenverluste. Zuerst dachten wir an unsachgemäße Raps-spritzungen. Da wir die Felder in der Umgebung überprüft haben und an keinem eine Spritzung feststellen konnten, war das Phänomen unerklärlich.

Erst unsere deutschen Kollegen haben die Zusammenhänge aufgedeckt. In Deutschland war ein neonicotinoid-hältiges Maisbeizmittel der Grund, dass eine große Zahl Bienenvölker nachhaltig geschädigt wurde. Der Staub des Beizmittels hat sich auf Blüten an den Feldrändern abgelagert und ist so in Berührung mit den Honigbienen gekommen. Die Imker haben von der Chemiefirma eine Entschädigung bekommen und der Fall war erledigt. Nun stellt sich aber die Frage, was wurde aus all den anderen Insekten in diesem Gebiet, die auch Blüten besuchten; aus den Hummeln, den solitären Bienen, den Käfern, Schmetterlingen etc.? Die Insekten bilden die größte Klasse im Tierreich, aber nur eine Art (Honigbiene) hat eine entsprechende Lobby (Imkerschaft). Imker schreien auf, wenn ihre Völker sterben, weil neben dem Verlust von Lebewesen vor allem der Verlust an Geld zu beklagen ist. Dadurch wird ein Chemikalienschaden messbar und man kann die Sache mit Geld regeln. Für Milliardenkonzerne, wie es üblicherweise Chemiefirmen sind, ist es nicht einmal bilanzwirksam, wenn man einigen Imkern ein paar Euro hinwirft, meist ist aber nicht einmal das geschehen. Der wesentlich grössere Schaden ist aber an den Wildinsekten entstanden. Wir alle sind aufgerufen, unser Ökosystem zu schützen!

Insektizide:

Insektizide sind meist Spritzmittel, die Pflanzen vor Frassinsekten schützen sollen. Es gibt im Handel Einteilungen in bienengefährliche und bienenungefährliche Spritzmittel. Bienengefährlich ist ein Spritzmittel, wenn das Tier sofort oder innerhalb kürzester Zeit tot umfällt. Alles andere ist „bienenungefährlich“. Die Problematik der Langzeitwirkung auf die Bienenvölker wird in der Regel nicht beachtet. Viele der Insektizide sind fettlöslich, das hat zur Folge, dass von Bienen in ihren Stock eingetragene Insektizide im Wabenbau und somit im Bienenwachs sich anreichern und problemlos nachgewiesen werden können. Dadurch kommt bereits die Brut von Bienen in den Genuss diverser Spritzmittel, noch bevor sie ein entwickeltes Insekt sind. Hier auch wieder der Aufruf an Gärtner und Bauern den Einsatz von Insektiziden kritisch zu hinterfragen und allfällige Alternativen zu prüfen, auch wenn dafür kein Vertreter ein Werbegeschenk gibt.

Fungizide:

Fungizide sollen Pflanzen vor schädlichem Pilzbefall schützen. Fungizide sind in der Bestäubung besonders heikel, da einige Fungizide leider auch Pollen keimunfähig machen können. Die beste Insektenbestäubung hat keine Befruchtung zur Folge, wenn die Pollen durch Fungizide, die in die offene Blüte gespritzt wurden, keimunfähig sind.

Maßnahmen gegen Pestizide in unserer Umwelt:

Am 22.3.2011 waren wir im Lebensministerium im Kabinett von BM Berlakovich und haben einen Antrag auf Rücknahme der Zulassung von Neonicotinoiden übergeben. Antrag siehe Anhang:

Dipl.-Ing. Dr. nat. techn.
Stefan Mandl
Simmeringer Hauptstrasse 21
1110 Wien
0043/6991/3922400
stefanmandl@yahoo.de

Wien, am 22.03.2011

An das
Lebensministerium
Sg. Hrn. BM Berlakovich
Stubenring 1
1010 Wien

Betrifft: Rücknahme der Zulassung von Neonicotinoiden insbesondere Clothianidin

Sehr geehrter Herr Minister Berlakovich!

Clothianidin ist ein Neonicotinoid, das als Insektizid gegen Maiswurzelbohrer und andere Frass- und Saugschädlinge eingesetzt wird.

Dieses systemische Mittel wirkt in allen Pflanzenteilen, dadurch ist nicht nur die Wurzel oder das Blatt, sondern auch das Guttationswasser, der Nektar und der Pollen insektengiftig; auch im Ernteprodukt lässt sich das Gift noch nachweisen.

Die Zulassung dieses Mittels ist deshalb in vielen Ländern zurückgenommen worden, weil wissenschaftliche Arbeiten die extreme Giftigkeit für Honigbienen belegen:

- Julius Kühn Institut, 2008: Clothianidin als Ursache für Bienenvergiftungen im Bienenbrot
- Girolami et al., 2009: Giftigkeit des Guttationswassers
- Wallner, 2009: Giftigkeit des Guttationswassers
- Medrzycki et al., 2003: Wirkung der sublethalen Dosis auf die Honigbiene
- Aliouane et al., 2009: Anreicherung der Neonicotinoide im Bienenstock und dadurch Schädigung der jungen Honigbienen
- Bonmatin et al., 2005: Neonics im Bienenbrot schädigen Bienen in allen Entwicklungsstufen
- Vighi et al., 2000: Bienenschädigung durch neonics
- Frazier et al., 2008 sowie
- Iwasa et al., 2004: Wechselwirkungen der neonics mit anderen Pestiziden erhöhen die Bienengiftigkeit
- Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Stuttgart, 2008: Nachweis von neonics in Bienenproben
- AGES, 2010: Melissaprojekt weist in 36% - 50% der Kontrollbienenbrotproben ohne auffälligem Totenfall Clothianidin nach
- Tanner, 2010 Uni Wien: Giftigkeit des Guttationswassers, Honiganalysen
- Ministerium f. Ernährung und ländl. Raum Baden Württemberg, 2008: Abschlußbericht Bienenvergiftungen durch Beizmittel
- Kindemba, 2009: Einfluß von neonics auf Bienen

- Yang et al., 2008: Bienenverhalten bei sublethalen Dosen von neonics
- Ulku Karabay, Oguz, 2008: Bienenverhalten bei sublethalen Dosen von neonics
- EPA USA, 2010: Clothianidin bei Bienen
- Toth, Uni Florida, 2008: Sublethale Dosis von neonics auf Bienen
- Cloyd&Bethke, 2010: Auswirkungen von neonics auf Nichtzielorganismen
- Alaux et al., 2009: Interaktion zwischen Nosema und neonics
- Burley, 2010: Einfluß von pestizidkontaminiertem Bienenbrot auf die Larvenentwicklung der Honigbiene
- Rosenkranz et al., 2004-2008: Bienenschäden im Oberrhein durch Clothianidin
- Pistorius et al., 2008: Bienenvergiftungen durch Clothianidin
- Maini et al., 2010: Honigbienenverluste durch neonics

Bei den LD50-Tests mit Clothianidin wurde eine lethale Dosis von 4 nanogramm(Milliardstel Gramm) pro Biene festgestellt. Im Bienenbrot (eingelagertem Pollen) bei Kontrollvölkern (Melissa-Projekt, 2010) wurden Mengen im Mikrogramm (Millionstel Gramm) gefunden.

Es ist mittlerweile zweifelsfrei nachgewiesen, dass Neonicotinoide im NanoGramm-Bereich schon bienentödllich wirken und das Mittel in hochgerechnet 30% der österreichischen Bienenvölker vorhanden ist (Melissa-Projekt, 2010).

Da diese Pflanzenschutzmittel systemisch wirken, ist auch der Nektar und der Pollen bienengiftig.

Die Vergiftung erfolgt:

- erstens durch die Stäube bei der Aussaat
- zweitens bei Guttation der Jungpflanzen
- drittens beim Pollensammeln und Verzehr im Stock
- viertens durch Pollen der Nachkulturen

Deshalb sind die Massnahmen bei der Aussaat zur Vermeidung von Stäuben nicht zielführend, weil sie nur eine Vergiftungsquelle betreffen.

Erschwerend kommt noch hinzu, dass Neonicotinoide nicht nur bei Mais eingesetzt werden, sondern bei nahezu allen landwirtschaftlichen Kulturen: Mais, Zuckerrübe, Raps, Kürbis, Mohn, Ackerbohne, Obst, Hopfen, Wein, Kartoffel, Erbsen, Senf und vielen Getreidearten.

Durch Fruchtfolge kann ein Großteil der Schädlinge am effektivsten bekämpft werden, dadurch ist der Einsatz dieser umweltgefährlichen und gesundheitsschädlichen Mittel (Einstufung laut österreichischem Pflanzenschutzmittelregister), die als giftig für Regenwürmer, sehr giftig für Wasserorganismen und das Mittel kann in Gewässern langfristig schädliche Wirkung haben, gekennzeichnet sein müssen, unnötig.

Allein in Österreich gab es vor ca. fünf Jahren noch gut 670 Bienenarten. Die Honigbiene ist die robusteste unter ihnen, doch sogar sie hat größte Probleme mit diesen Insektiziden. Wenn wir die größte Klasse im Tierreich, die

Insekten, so massiv und wahllos töten, sind die Auswirkungen auf unser Ökosystem katastrophal. (§7 Abs.1 Ziff.1 Lit. e)

Pflanzenschutzmittelgesetz 1997

§ 2. (9) „Tiere“ sind Tiere von Arten, die üblicherweise von Menschen gefüttert und gehalten werden.

§ 7. (1) Die Zulassung eines Pflanzenschutzmittels setzt voraus, daß

nach dem jeweiligen Stand der wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisse sichergestellt ist und die

1. Prüfung der Unterlagen ergibt, daß das Pflanzenschutzmittel bei bestimmungs- und sachgemäßer Anwendung oder als Folge einer solchen Anwendung

d) keine unmittelbaren oder mittelbaren schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier (zB über Trinkwasser, Lebens- oder Futtermittel) oder auf das Grundwasser hat,

e) keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Umwelt hat, und zwar unter besonderer Berücksichtigung folgender Aspekte:

- Auswirkung auf Arten, die nicht bekämpft werden sollen,

§ 18. (1) Eine Zulassung ist von Amts wegen abzuändern oder aufzuheben, wenn

1. die Zulassungsvoraussetzungen nicht oder nicht mehr vorliegen,

Somit ersuche ich, nach §18 Abs.1 Ziff.1 in Verbindung mit §7 Abs.1 Ziff.1 Lit. d + e. und §2 Abs. 9 Pflanzenschutzmittelgesetz 1997 die Zulassung von Clothianidin und in Folge allgemein von Neonicotinoiden zurückzunehmen.

Es werden wie vielfach wissenschaftlich nachgewiesen, Honigbienen (Tiere von Arten, die üblicherweise von Menschen gefüttert und gehalten werden (§2Abs.9)) geschädigt und getötet.

Abgesehen von der rechtlichen Position sollten wir bestrebt sein, unnötige umweltgefährliche und gesundheitsschädliche Mittel, die Rückstände in unseren Böden, Tieren und Lebensmitteln bilden, aus unserem Ökosystem fernzuhalten.

Mit vorzüglicher Hochachtung

Stefan Mandl

Koordinator der Arbeitsgemeinschaft Bienenforschung
an der Universität für Bodenkultur Wien

Zusätzlich wurde ein Datenträger mit den im Antrag angeführten wissenschaftlichen Arbeiten beigelegt. Eine Zusammenfassung der Arbeiten anbei:

Kurzzusammenfassungen der wissenschaftlichen Arbeiten zu Neonicotinoiden

Julius Kühn-Institut (2008):

Nach Auffassungen des Julius Kühn-Institutes ist eindeutig davon auszugehen, dass Clothianidin hauptsächlich für den Tod der Bienen vor allem in Teilen Baden-Württembergs verantwortlich ist. Die in den letzten Wochen durchgeführten Untersuchungen des JKIs bestätigen weiterhin die Vermutung, dass der Wirkstoff während der Aussaat des Maissaatgutes von diesem abgerieben wurde und die entstandenen Stäube über Verfrachtungen in der Luft auf blühende und von Bienen beflogene Pflanzen gelangt sind.

Girolami et al. (2009):

Die Guttationstropfen aller Maispflanzen, welche aus Neonicotinoid-bedeckten Samen keimten, enthielten Insektizidmengen, welche konstant höher als 10mg/L waren, mit Maximalwerten bis zu 100mg/L für Thiamethoxam und Clothianidin, und bis zu 200mg/L für Imidacloprid. Wenn Bienen Guttationstropfen dieser Pflanzen konsumieren sterben sie innerhalb weniger Minuten.

Ministerium für Ernährung und ländlichen Raum Baden-Württemberg (2008):

Die umfangreichen Untersuchungen von Bienen, Bienenbrot, Bienenbrut, Pollen von Bienenstöcken und pflanzlichen Material aus den Problemzonen des Rheintales zeigten weit verbreitete Kontaminationen von Clothianidin, Methiocarb und Thiacloprid an. Von allen drei Wirkstoffen ist Clothianidin das bienengefährlichste und konnte daher als Ursache der umfangreichen Bienenschäden identifiziert werden.

Kindemba (2009):

Alle Neonicotinoide besitzen eine ähnliche chemische Struktur und zeigen eine hohe Toxizität gegenüber Bienen sowie eine Beeinträchtigung des Nervensystems wirbelloser Tiere gleichermaßen.

Yang et al. (2008):

Die Resultate dieser Arbeit zeigen, dass sublethale Dosen von Imidacloprid die Nahrungssuche der Honigbienen beeinflussen. Durch Messen der Zeitintervalle zwischen zwei Bienenbesuchen an derselben Futterstelle zeigte

sich, dass bei normaler Futtersuche der Zeitwert unter 300 Sekunden lag, während er bei Bienen, welchen Imidacloprid per Zuckerwasser verabreicht wurde, über 300 Sekunden lag.

Tanner (2010):

Die untersuchten Neonicotinoide Clothianidin, Imidacloprid und Thaimethoxam konnten im Guttationswasser in Konzentrationen im ppm-Bereich nachgewiesen werden.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, USA (2010):

Toxizitätsstudien gegenüber Honigbienen zeigen, dass Clothianidin höchst toxisch ist, sowohl bei Kontakt als auch bei oraler Einnahme.

Alaux et al. (2009):

Sie demonstrierten, dass die Interaktion zwischen der Mikrosporidia *Nosema* und Imidacloprid Honigbienen signifikant schwächte. Die Kombination von Beidem verursachte die höchste individuelle Sterblichkeitsrate sowie energetischen Stress.

Rosenkranz et al. (2004-2008):

Der Verdacht, dass Abdrift bei der Aussaat von Clothianidin-gebeiztem Maissaatgut die Ursache für die Schädigung der Bienenvölker war, konnte rasch durch chemische Analysen bestätigt werden. Selbst nach Ende der Raps/Obst-Blüte und dem ersten Regen wurde bei den betroffenen Völkern weiterhin Totenfall, insbesondere über Nacht, beobachtet. Als Ursache hierfür konnte eine teilweise hohe Kontamination von Pollen bzw. Bienenbrot (= eingelagerter Pollen) mit dem Wirkstoff Clothianidin nachgewiesen werden.

Karabay und Oguz (2005):

Sie untersuchten die zytogenetischen und genotoxischen Auswirkungen des neonicotinoiden Insektizids Imidacloprid und des organophosphaten Insektizids Methamidophos, sowohl bei alleiniger Verwendung als auch in Kombination. Albino-Ratten wurde Nahrung verabreicht, welche mit verschiedenen Konzentrationen von Insektiziden versehen waren. Numerische und strukturelle chromosomale Anomalien wurden beobachtet. Alle getesteten Dosen der Insektizide zeigten mutagene Aktivität bei Anwesenheit einer S9 Mischung.

Pistorius et al. (2009):

Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen den aufgetretenen Bienenschäden und einem Wirkstoffabrieb von behandelter Maissaat mit Freisetzung des Wirkstoffes Clothianidin (Saatgutbehandlungsmittel Poncho Pro) und einem Ausblasen in die Umwelt mit pneumatischen Sämaschinen während der Aussaat von Mais konnte mittlerweile zweifelsfrei nachgewiesen werden. Die chemischen Analysen der Bienen- und Pflanzenproben belegen die durch den Wirkstoff Clothianidin von gebeiztem Maissaatgut stammende Vergiftung der Bienen.

Burley (2010):

Honigbienen aller Entwicklungsstadien, aber besonders Larven, erfahren nachteilige Auswirkungen bei wesentlich geringeren Dosen als die LD50-Dosis. Pestizide, welche in Kombination verwendet werden, können unter Umständen synergetische Effekte hervorrufen, welche die Toxizität auf Bienen weiter erhöht.

Toth (2008):

Durch Fütterung von Imidacloprid als auch von Amitraz kam es zu einem geringeren Prozentsatz an Larven, welche es bis zum adulten Stadium schafften verglichen mit unbehandelten Larven.

Verhalten in der Nähe der Bienenvölker:

Diese Kapitel ist für all jene gedacht, die mit Bienenvölker normalerweise nichts zu tun haben aber aufgrund der Notwendigkeit der Insektenpollination in der Agrokultur mit den Bienen für ein paar Wochen im Jahr ihren Arbeitsplatz teilen.

Bienen können stechen:

Bienen können, um ihren Bienenstock zu verteidigen, stechen. Bei der heutigen Selektion auf Sanftmut kommen Stiche kaum mehr vor, außer die Bienen fühlen sich wirklich gestört. Eine Biene auf Nektar- oder Pollensuche außerhalb des Bienenstocks wird nie stechen, da sie die Blüte nicht verteidigt. Der Gärtner oder Obstbauer kann sich also ohne großen Mut in seiner Kultur bewegen. Verteidigt wird nur der Bienenstock.

Langsame Bewegungen in der Nähe des Bienenstocks:

Rasche, ruckartige Bewegungen vor dem Bienenstock provozieren Bienen. Der Besucher möge langsam am Bienenstock vorbeigehen und die Zeit nützen, um die Bienen zu beobachten. Ruhe in der Nähe des Stocks ist geboten. Lautes Hantieren erhöht die Stechgefahr und ist nur „Mutigen“ vorbehalten.

Kosmetik:

Allzu intensiv duftende Kosmetik sollte vermieden werden, da sich die Bienen dafür interessieren könnten.

Generell gilt:

Die Bienenvölker sollten so wenig wie möglich gestört werden, um ein friedliches Miteinander zu gewährleisten. Bienen lernen ausgezeichnet und wenn sie merken, dass durch einen Stich die Belästigung aufhört, wird der Gärtner oder Obstbauer in Zukunft öfters mit dieser Herausforderung konfrontiert werden. Genauso ist es umgekehrt. Sehen sich Bienen nie gezwungen, irgendwelche Störungen durch Stiche zu vertreiben, so ist es auch sehr schwer, sie aus der Ruhe zu bringen.

Behandeln Sie Bienenvölker wie jemanden, den sie nicht kennen, mit dem sie aber gut auskommen möchten, dann wird es auch wunderbar funktionieren.

Falls es doch einmal zu einem Stich kommen sollte, machen sie folgendes: Als erstes gehen Sie vom Bienenstock weg und entfernen den Stachel, indem sie mit dem Fingernagel leicht darüberkratzen. Nehmen Sie ihn nicht mit zwei Fingern heraus, weil sie dabei die Giftdrüse zusammendrücken und sich die „apitherapeutische“ Dosis erhöht. Gehen Sie aus der Sonne. Das UV-Licht verstärkt eine allfällige allergische Wirkung auf das Bienengift. Das Bienengift ist ungefährlich, es wird sogar zu Heilzwecken von dafür ausgebildeten Ärzten verwendet. Der Grund für eine Bienenstichallergie liegt in 90% der Fälle in einem Kalziummangel. Dem können Sie vorbeugen, indem sie regelmäßig schon vor dem Erstkontakt mit den Bienen einfach handelsübliche Kalzium-Brausetabletten zu sich nehmen.

Mein Altprofessor Hermann Pechhacker pflegte immer zu sagen: „Stiche sind gratis“. Der Gärtner oder Obstbauer sollte die geringe aber doch vorhandene „Gefahr“ eines Stiches als Mutprobe und eine der wenigen Möglichkeiten sehen, etwas Abenteuer in seinen Alltag zu bringen.

Kostenkalkulationen:

Bei der Kostenkalkulation für die Bestäubungsdienstleistung sind mehrere Faktoren wesentlich:

Stärke der Völker:

Starke Völker mit vielen Brutwaben sind bessere Bestäuber als schwache Völker; dadurch ergibt sich ein höherer Preis pro starkem Bestäubungsvolk. Als Mindestgröße sollte man Bienenvölker mit fünf Brutwaben verwenden. Um Missverständnissen vorzubeugen sollte die Stärke der Völker zwischen Imker und zahlendem Landwirt oder Gärtner vereinbart sein.

Anzahl der Völker:

Um einen guten Bestäubungserfolg zu erzielen sind bei verschiedenen Kulturen unterschiedliche Bienenvolkzahlen pro Hektar notwendig. Näheres zur Anzahl der benötigten Bienenvölker steht bei den einzelnen Pflanzenarten. Bei steigender Bienenvolkzahl sinken in der Regel die Kosten pro individuellem Volk.

Transportdistanz:

Je größer die Transportdistanz vom Imker zum Bestäubungsort ist, desto teurer und schwieriger wird die Organisation. Bei großen Entfernungen ist besonders auf die Bienenverträglichkeit des Transportes durch ausreichende Belüftung und allenfalls Wasserversorgung zu achten.

Aufstellungsmuster:

Für eine gleichmäßige gute Bestäubung ist die Verteilung der Bienenvölker in der Kultur notwendig und muss im Vorhinein abgestimmt werden. Je weniger Völker pro Aufstellungspunkt, umso höher sind die Kosten pro Volk.

Bestäubungsdauer:

Hier sind die Interessen von Imker und Landwirt abzuwägen. Eine attraktive Nachkultur vor Ort kann ein Vorteil für den Imker sein; andererseits entgeht ihm möglicherweise eine lukrative Einsatzmöglichkeit seiner Bienenvölker. Generell ist eine kürzere Bestäubungsdauer günstiger für den Gärtner als eine länger andauernde. Auch der Gärtner kann Interesse am möglichst frühen Abtransport der Völker nach Blühende haben, um wieder ungestört seine Kulturen bearbeiten zu können.

Betreuungsaufwand:

Je öfter der Imker seine Bienen an einem entfernten Bestäubungsort betreuen muss, umso teurer wird der Bestäubungseinsatz kommen. Unter Betreuung versteht man die Volkskontrolle, Fütterung, allenfalls Verstärkung der Völker sowie gänzlichen Ersatz von zu schwachen Völkern.

Futteraufwand:

Je mehr Futter ein Volk verbraucht, umso teurer kommt der Einsatz. Deshalb sind die Kosten des Futteraufwandes vorweg zu vereinbaren.

Honigernte:

Ist bei der zu bestäubenden Kultur eine entsprechende Honigernte zu erwarten, wie z.B bei Raps, Sonnenblume oder Buchweizen, wird üblicherweise keine Zahlung des Landwirtes an den Imker geleistet.

Entgangene alternative Honigernte:

Entgehen dem Imker durch den Bestäubungseinsatz alternative Honigernten, so ist das in der Kostenkalkulation zu berücksichtigen; beispielsweise blüht der Ölkürbis zeitgleich mit dem Auftreten der Waldtracht. Die Waldtracht ergibt bei uns üblicherweise die wertvollste Honigernte, im Gegensatz dazu liefert der Ölkürbis so gut wie keinen Honig; das ist einer der Hauptgründe weshalb es schwierig ist Imker für die Kürbisbestäubung zu gewinnen.

Gefahr von Chemikalien:

Sollten Schäden der Bienenvölker durch Einsatz von Chemikalien entstehen, so sind diese zu ersetzen. Die Verwendung von Chemikalien in der Zielkultur muss im Vorhinein zwischen Gärtner und Imker koordiniert werden.

Erosion oder Stärkung der Völker:

Ein entscheidender Kostenfaktor für den Bestäubungseinsatz ist die Entwicklung der Bienenvölker während der Bestäubungsdauer. Wachsen die Völker wird in der Regel weniger verrechnet als bei einer Schwächung derselben.

Rechtliche Beurteilung:

Die Bestäubungsdienstleistung durch den Imker ist generell durch seine landwirtschaftliche Tätigkeit abgesichert und bedarf momentan keiner zusätzlichen Bewilligung. Auch die Bienenvölker sind bei aufrechter Meldung üblicherweise versichert, so dass eventuelle Schäden durch die Bienen oder Bienenstiche gedeckt sind. Sehr

wohl muss sich der Imker zeitgerecht um entsprechende Wanderkarten bemühen und allfällige Sperrkreise auf Grund von Pflanzen- oder Bienenkrankheiten beachten. Bei der Aufstellung der Bienenvölker sind die gesetzlichen Mindestabstände zu Nachbargrundstücken und öffentlichen Wegen einzuhalten.

KULTUREN

Apfel (*Malus domestica* BORKH.):

Im Jahr 2009 wurden in Österreich 221.300 Tonnen Winteräpfel sowie 2.600 Tonnen Sommeräpfel geerntet. (Grüner Bericht, 2010)

Die Kulturäpfel haben ihren Ursprung wohl in der Unterart *Malus sylvestris ssp. Mitis* (WALLR.) MANSF., die in Osteuropa und Westasien heimisch ist, doch haben sie ihre Besonderheiten erst nach Kreuzung mit anderen Arten als sogenannte Additionsbastarde entwickelt. Infolge der vielfachen, lange zurückliegenden Kreuzungen ist die Gattung systematisch schwer zu erfassen. (Maurizio, 1994)

Die verschiedensten Arten und Formen der Gattung *Malus* werden wegen ihrer schönen Blüten in Gärten und Anlagen häufig als Ziersträucher oder Schmuckbäume verwendet, so der aus Japan stammende Korallenapfel, *Malus floribunda* SIEB., Blüten innen weiß, außen rosa, oder der weißblühende Kirschapfel, *Malus baccata* L., ebenfalls aus Ostasien; ferner das Teufelsäpfelchen, *Malus spectabilis* AIT., rotblühend, aus China – Japan. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Blüten der Gattung *Malus* besitzen fünf Kronblätter und eine Vielzahl an Staubblättern. Die Samenanlage setzt sich aus fünf Kammern zusammen mit jeweils zwei weiblichen Samenzellen. Das bedeutet, dass eine zur Gänze bestäubte Frucht zehn Samen besitzt. (Free, 1993; Delaplane, 2000)

Bei unzureichender Bestäubung können sich nicht alle zehn Samen ausbilden und es kommt zu einer einseitig ausgebildeten Frucht. Daraus resultiert eine erhebliche Preisminderung in der Tafelobstproduktion. Deshalb ist eine perfekte Bestäubung in der Tafelobstproduktion wesentlich.

Die fünf Griffel sind entweder separat oder an der Basis zusammengefasst, welche von circa 20 bis 25 Staubblättern umschlossen werden. Nektar wird an der Basis des mittleren Griffels abgesondert. Fünf rosa-weißliche Kronblätter umschließen die Geschlechtsteile der Pflanze. (Free, 1993; Delaplane, 2000)

Die Blütenbüschel des Apfels setzen sich aus 6 einzelnen Blüten zusammen. (McGregor, 1976) Jedes Blütenbüschel besitzt eine Hauptblütenknospe, welche sich als erste öffnet und die beste Frucht produziert. (Free, 1993; Delaplane, 2000)

Die durchschnittliche Blühperiode des Apfels beträgt circa 9 Tage. Kühles Wetter verlängert und warmes, trockenes und windiges Wetter verkürzt diese Periode. (Morris, 1921) Die meiste Bienenaktivität findet normalerweise um 9 Uhr statt. (Brittain, 1933) Obwohl sich eine Vielzahl an Blüten auf den Bäumen befindet, ist eine 5% Fruchtbildung schon als guter Ertrag anzusehen. (McDaniels und Heinicke, 1929; Brittain, 1935)

Die Apfelblüten produzieren reichlich Nektar und Pollen. (Smith und Bradt, 1967) Sie sondern im Mittel 1-6 mg Nektar je Blüte in 24 Stunden ab, mit einem zwischen 30% und 65% liegenden Zuckergehalt. In extremen Klimabedingungen (Israel) kann die Zuckerkonzentration des Apfelblütennektars 75-87% erreichen. Daraus ergibt sich ein Zuckerwert (je Blüte und 24 Stunden) von 1-3 mg. (Maurizio, 1994)

Die tägliche Nektarproduktion bei 10 Blüten belief sich auf 7,4 mg für „Starkrimson“ und 12,3 mg für die Variation „James Grieve“. Die Zuckerkonzentration bei der Variation „Idared“ betrug 20,2% und bei der Variation „James Grieve“ 36,6%. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Im Apfelnektar ist Saccharose (Rohrzucker) mengenmäßig vorherrschend, Fruktose und Glukose sind annähernd gleich vorhanden (Verh. Fr/Gl = 1,0; S/Fr+Gl = 2,1). (Maurizio, 1994)

Die je Blüte produzierte Pollenmenge beträgt beim Apfel 1,7 mg. (Maurizio, 1994)

Durch die Luft übertragener Pollen in Apfelplantagen hat seinen Höhepunkt am späten Morgen sowie frühen Nachmittag und wird mit hoher Temperatur und niedriger Luftfeuchtigkeit in Verbindung gebracht. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Sowohl Pollen als auch Nektar wird eifrig von Honigbienen gesammelt. (McGregor, 1976)

Literaturergebnisse - Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Zumindest 6-7 weibliche Samenzellen müssen befruchtet werden; sollte das nicht der Fall sein, so entsteht eine missgebildete (Brault und de Oliveira, 1995) oder zu kleine Frucht, die unter Umständen nicht bis zur Ernte am Baum bleibt. (McGregor, 1976)

Die Befruchtung von jedem einzelnen Ovula im Ovarium ist nicht essentiell für die Fruchtentwicklung, jedoch steigt mit der Anzahl an befruchteten Ovule die Wahrscheinlichkeit, dass die Frucht an genügend Nährstoffe gelangt und bis zur Ernte auf dem Baum bleibt. (Brittain, 1933; Tydeman, 1943) Je mehr Samen sich im Apfel entwickeln, umso größer wird er normalerweise. (Murneek und Schowengert, 1935) Einige Selektionen des Apfels bilden samenlose Früchte aus, jedoch weist keine kommerzielle Kultur diese Charakteristik auf. (Chan und Cain, 1967)

Unzureichende Bestäubung kann die Kalziumkonzentration in der Frucht reduzieren (Volz *et al.*, 1996), was zu Problemen bei der Lagerung führen kann. (Ferguson und Watkins, 1989)

Die Untersuchungen von Waite (1895, 1899) zeigten den ersten konkreten Beweis, dass Äpfel und andere Kernfruchtbäume von Fremdbestäubung und dem Zwischensetzen einer oder mehrerer Bestäubersorten profitieren und bestäubende Insekten für den Pollentransfer zwischen kompatiblen Kulturen essentiell sind.

Die meisten Apfelkulturen benötigen Fremdbestäubung durch eine andere kompatible Sorte. Dabei ist darauf zu achten, dass sich die Blühzeiten der Haupt- und der Bestäubersorten überlappen. Um die Bestäubung zu optimieren ist es notwendig, die früh- und spätblühenden Sorten so zu setzen, dass die Hauptsorte inmitten dieser blüht. Auf diese Weise steht den frühblühenden Kronblüten genügend Pollen zur Verfügung, und sollte Frost diese abreifen, dann sorgen die spätblühenden Sorten für eine ausreichende Pollenversorgung der übrig gebliebenen Hauptblüten. (Delaplane, 2000) Die schädlichen Auswirkungen des Frosts werden manchmal als

Ursache für geringe Ernten angesehen, wenn das eigentliche Problem in Wirklichkeit inadäquate Fremdbestäubung ist. Bestäubte Blüten sind weniger anfällig für Frost als nicht bestäubte Blüten. (McGregor, 1976)

Einige Apfelsorten besitzen sterilen Pollen; sie bilden zwar durch Pollen anderer Sorten Früchte aus, können allerdings nicht als Bestäubersorte für andere Kulturen verwendet werden. (Delaplane, 2000)

Griggs (1970) gab an, dass alle Apfelkulturen bis zu einem gewissen Grad selbstinkompatibel sind. Einige bildeten gar keine Früchte durch Selbstbestäubung, andere produzierten verschiedene Mengen an kommerziellem Ertrag bei günstigen Bedingungen. Er fügte hinzu, dass die Selbstfruchtbarkeit einer individuellen Kultur in unterschiedlichen Graden variieren kann, jedoch sind sich Spezialisten generell einig darüber, dass keine Kultur über genügend Selbstfertilität verfügt, um bei ausschließlicher Setzung dieser Sorte ausreichend produktiv zu sein. Man hat kaum eine Alternative zu einem Zwischensetzen von Bestäubersorten. Das Problem ist hierbei die richtige Kombination an Kulturen zu finden. (McGregor, 1976)

Die Kultur „Newtown“ bildete, nachdem sie von der Sorte „Bellflower“ fremdbestäubt wurde, 51,5% ihrer Blüten aus (in einem Zelt, eingeschlossen mit einer Kolonie Honigbienen, welche vermutlich für maximale Bestäubung sorgten); umgekehrt bildete „Bellflower“ nur 4,3% der Blüten aus, nachdem sie von „Newtown“ fremdbestäubt wurde. (McGregor, 1976)

Holzäpfel können an Stelle gängiger Apfelsorten ebenfalls für die Bestäubung verwendet werden. Allerdings ist es empfehlenswert darauf zu achten, dass sich die Farben der Blüten gleichen, da Bienen während eines Fluges nicht verschiedenfarbige Blüten anfliegen. (Mayer *et al.*, 1989b)

Bienen neigen dazu Bäume entlang einer Reihe anzufliegen anstatt quer. Das ist zu berücksichtigen beim Setzen von Hauptsorte und Bestäubersorte (Holz- bzw. Wildapfel). Demnach ist es vorteilhafter, Bestäubersorte und Hauptsorte in der gleichen Reihe zu pflanzen. Die Holzapfelsorten können nach der Blüte stark geschnitten werden, um ein übermäßiges Wachstum zu verhindern, sodass sie nur wenig Platz brauchen; so können sie als jeder sechster bis neunter Baum in jeder Reihe gepflanzt werden. (Delaware, 2000)

Honigbienen neigen weiters dazu zwischen Bäumen verschiedener Variationen zu wechseln wenn die Bienendichte hoch ist und Futterressourcen begrenzt sind. Daraus folgt, dass Fremdbestäubung von Baum zu Baum täglich zu später Stunde stattfindet, sowie früh und spät in der Blühperiode. (www.agric.wa.gov.au, 2010) Man kann auch Blütensträube des Holzapfels (oder einer anderen Bestäubersorte) in Wasserfässern zwischen den in der Blüte stehenden Apfelbäumen platzieren, um so eine Fremdbestäubung zu erreichen. Wichtig ist dabei, dass die Kronblüten geöffnet und die ausgewählten Stellen sonnig und windstill sind. Weiters ist es empfehlenswert Wasser und Blüten regelmäßig zu wechseln. (Delaplane, 2000)

In windstillen Gebieten kann man von einer Temperaturzunahme von 0,6°C pro 3m über Bodenniveau ausgehen, was bedeutet, dass die Blüten weiter oben am Baum früher Pollen produzieren und daher von den Insekten auch früher angefliegen werden. Die optimale Temperatur für das Wachstum des Pollenschlauchs und die anschließende Befruchtung liegt bei 18 bis 27°C, während bei unter 16°C das Wachstum stark unterentwickelt

bzw. fast gestoppt ist. (Seaton und Kremer, 1939)

Insekten sind die einzigen effektiven Bestäuber beim Apfel. Eine mechanische Bestäubungsmaschine hat laut Untersuchung keine Auswirkung auf Fruchtansatz, Größe der Blüte, Anzahl der Samen oder Ertrag. (Schupp *et al.*, 1997)

Auch Wind ist kein geeigneter Bestäuber beim Apfel. (Lewis und Vincent, 1909; Free, 1966)

Verschiedene Wildbienen wurden als wichtige Bestäuber des Apfels genannt, darunter „*Andrena*“, „*Bombus*“, „*Halictus*“ und „*Osmia*“. (Brittain, 1933, 1935; Free, 1964; Glukhov, 1955; Hutson, 1926; Kitamura und Maeta, 1969; Löken, 1958; Phillips, 1933; Horticultural Education Association, 1967) In drei Südtiroler Apfelplantagen wurde das Spektrum der blütenbesuchenden Insekten aufgenommen und auf seine Bestäubungseffizienz bewertet. Als Blütenbesucher des Apfels spielten hier nur die Familien der Apidae (Hymenoptera) und der Syrphidae (Diptera) eine Rolle. Letztere dürften vor allem auf Grund ihres stationären Verhaltens während der Blütenbesuche nicht zu einer Kreuzbestäubung beitragen. (Pörnbacher, 1991)

Einige Wildbienen, zum Beispiel „*Osmia*“, beflegen die Blüten bei niedrigeren Temperaturen als Honigbienen. Zu gewissen Zeiten kann in einigen Gegenden die Anzahl an Wildbienen ausreichend sein, um einen Apfelsertrag zu erzielen. Im Allgemeinen kann man sich bei der Bestäubung der Blüten einer kommerziellen Apfelplantage jedoch nicht auf Wildbienen verlassen. (McGregor, 1976)

Die Stärke, Platzierung und Behandlung der Kolonien, sowie die konkurrierenden Pflanzen, der Erdboden, das Wetter und andere Faktoren wirken sich auf die Effektivität der Honigbiene aus. (McGregor, 1976)

Wenn eine Honigbiene eine Apfelblüte beflegt und nach Nektar sucht, führt sie ihren Rüssel manchmal an der Staubblätterbasis ein und es kommt zu keinem Kontakt mit Antheren oder Narbe. In diesem Fall kommt es nur zu einer geringen Bestäubung. (Smith und Bradt, 1967) Die Hummel hingegen klettert über die Antheren und die Narbe bei ihrer Nahrungssuche hinweg und es kommt zu einem Transfer des Pollens von Blüte zu Blüte. (McGregor, 1976)

Die Staubfäden der Sorte „*Delicious*“ befinden sich in einem engen, aufrechten Büschel. (Roberts, 1945) Das erlaubt der Biene auf den Kronblätter zu landen, ihren Rüssel zwischen den aufrechten Staubfäden einzuführen und Nektar zu sammeln, ohne die Narbe zu berühren. Aus diesem Grund empfiehlt Roberts (1945) mehr Kolonien zur Bestäubung von „*Delicious*“ zu verwenden als bei anderen Kulturen. Wenn Bienen nach Pollen suchen ist ihre Effizienz beim Bestäuben wesentlich größer als bei der Nektarsuche. (McGregor, 1976)

Bei der Apfelsorte „*James Grieve*“ kam es bei Blüten, die von Bienen angefliegen wurden, zu 65% Fruchtbildung, verglichen mit lediglich 10% bei Blüten, die gekäfigt waren und von Insekten nicht befliegen wurden. Bei der Sorte „*Millers*“ wurde festgestellt, dass die Anwesenheit von Bienen die Anzahl der Pollenkörner pro Narbe um das Vierfache und die Anzahl der Pollenschläuche in den oberen Narben gar um das Zehnfache steigern kann. (Free, 1966a; Free *et al.*, 1974)

Bei jungen Apfelgärten mit drei Bienenvölkern zeigte sich zu 32% eine Fruchtbildung mit einem Ertrag von 57 kg pro Baum, während bei nur einem Volk die Fruchtbildung auf 15% und der Ertrag auf 30 kg pro Baum sank.

(Kurennoi und Kurennoi, 1976) Auch der Abstand vom Bienenstock zu den Apfelbäumen nimmt maßgeblich Einfluss auf den Fruchtansatz: 33% bei 10m, 18% bei 50m, 13% bei 100m und schließlich 9% bei 300m. (Mishra *et al.*, 1976)

Die Erträge von Apfelbäumen (Goldparmänen) in Mondschütz erreichten in Abhängigkeit von der Entfernung des Bienenstands zu den Apfelbäumen Größenordnungen von 20 Äpfeln bei 1 km Abstand, 600 Äpfel bei 500m Abstand und 1200 Äpfel am Bienenstand. (Schweiz. Bienen-Zeitung, 1995)

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)25% bis 55% Steigerung im Ertrag innerhalb von 500m Distanz zu den Bienenstöcken.
-)688 kg mehr Äpfel pro Hektar.
-)68% Steigerung des Ertrags bei der Variation „Jonathon“. 113% Steigerung des Ertrags bei „Stayman“ und „Turley“ Variationen.
-)860% Anstieg gegenüber von Bienen isolierten Bäumen bei „Jonathan“. (Victoria)
-)1289% Anstieg gegenüber von Bienen isolierten Bäumen bei „Yates“. (Victoria)
-)Bei „Delicious“ Äpfeln standen Bienen oftmals am Blütenblatt und sammelten Nektar ohne die Blüte effektiv zu bestäuben, jedoch zeigten Studien aus den USA dass die Fruchtbildung bei der Sorte durch das seitliche Bewegen der Bienen nicht eingeschränkt war.

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Äpfel:

AUTOR JAHR	ERTRAGS- AUSWIRKUNGEN
FREE (1966a)	65% Fruchtbildung (mit Bienen)
FREE <i>et al.</i> (1974)	10% Fruchtbildung (ohne Bienen)
FREE (1966a)	4x mehr Pollenkörner
FREE <i>et al.</i> (1974)	10x mehr Pollenschläuche
KURENNIO und KURENNIO (1976)	3 Völker = 32% Fruchtbildung mit 57 kg/Baum 1 Volk = 15% Fruchtbildung mit 30 kg/Baum
MISHRA <i>et al.</i> (1976)	33% Fruchtbildung bei 10m Distanz zum Bienenstand 18% Fruchtbildung bei 50m Distanz zum Bienenstand 9% Fruchtbildung bei 300m Distanz zum Bienenstand
SCHWEIZ. BIENEN-ZEITUNG (1995)	1km Distanz zum Bienenstand = 20 Äpfel 500m Distanz zum Bienenstand = 600 Äpfel neben dem Bienenstand = 1200 Äpfel

Empfohlene Bienendichte:

Die empfohlene Platzierung der Bienenstöcke ist nahe oder in der Plantage. Die Anzahl der Kolonien variiert von einer Kolonie pro 0,8ha bis 1,6ha (Hooper, 1913; Howlett, 1926b; Kelty, 1929; Kurennoi, 1969; Luce und Morris, 1928; West, 1912) über eine Kolonie pro 0,4ha (Brittain, 1933; Griggs, 1953; Hutson, 1926; Jaycox, 1968; Lundie, 1927; Phillips, 1930; Philp und Vansell, 1932) bis zu zwei oder mehr Kolonien pro 0,4ha. (Benton, 1896; Burrell und MacDaniel, 1931; Rom, 1970)

2 bis 4 Bienenstöcke pro Hektar werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. (www.agric.wa.gov.au, 2010) Goodman (1994) hält 3 bis 5 Kolonien für angemessen.

Bevölkerungsreiche Kolonien sind wesentlich effektiver bei der Apfelbestäubung als schwache Kolonien

(Woodrow, 1933, 1934; Gooderham, 1950), speziell dann, wenn nur wenige Stunden mit günstigem Wetter für Bienenflug gegeben sind. (MacDaniels, 1929)

Es sollte eine Biene für je 1000 Blüten zugegen sein, um eine optimale Fruchtbildung zu erreichen. (McGregor, 1976)

Bei geringen Temperaturen neigen Bienen dazu, nur Blüten in der Nähe des Bienenstocks anzufliegen und auch nur jene, welche sich auf der sonnigen, warmen Seite des Baumes befinden. Diesem Verhalten kann man größtenteils entgegenwirken, indem man starke, gesunde Kolonien verwendet und die Anzahl an Kolonien in der Plantage dementsprechend erhöht. (McGregor, 1976)

Empfohlene Bienendichte für Äpfel (Delaplane, 2000):

<i>Bienenstöcke/ha</i>	<i>Autoren</i>
2,5	Humphrey-Baker (1975); Crane und Walker (1984); Ambrose (1990); Kevan (1988)
5	Mayer <i>et al.</i> (1986)
0,6; 1,2; 2,6; 5	McGregor (1976)
2,5 – 5	Levin (1986)
1 – 5	Kevan (1988)
2 – 3	British Columbia Ministry of Agriculture, Fisheries, and Food (1994)
4 – 12,5	Scott-Dupree <i>et al.</i> (1995)
3,7	Durchschnitt
<i>Andere Parameter</i>	
20 – 25 Honigbienen/Baum/min	Mayer <i>et al.</i> (1986)
75 Honigbienen verlassen d. Stock/min	Ambrose (1990); Mayer <i>et al.</i> (1986)
1 Honigbiene/1000 Blüten	Palmer-Jones und Clinch (1968)
6 Honigbienenbesuche/Blüte	Petkov und Panov (1967)
618 Mauerbienen/ha	Torchio (1985)
7000 Mauerbienen/ha	Batra (1982)

Die Farbe der Pollenhöschen ist gelb-bräunlich. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Birne (*Pyrus L.*):

Im Jahr 2009 wurden in Österreich 5.059 Tonnen Winterbirnen sowie 3.537 Tonnen Sommerbirnen geerntet. (Grüner Bericht, 2010)

Die Abstammung der Birne führt man auf die Holzbirne, *Pyrus communis* L., zurück, mit nachfolgender Kreuzung mit anderen, in Kleinasien beheimateten Arten. Die Birne benötigt ein etwas wärmeres Klima als der Apfel und kommt daher nicht so weit nach Norden vor. Die moderne Züchtung bezieht den ostasiatischen Formenkreis in ihre Kreuzungen ein, vor allem, um die Sorten klimaunabhängiger zu machen. In Nordamerika gibt es keine natürlichen Bestände. (Maurizio, 1994)

Die Arten der Gattung *Pyrus* haben alle 34 Chromosomen, einige Kultursorten haben aber den dreifachen, vierfachen oder fünffachen Chromosomensatz. Im Allgemeinen sind die Erbanlagen der Birne besser ausbalanciert als die des Apfels, auch die Variabilität der Eigenschaften ist geringer. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Blüte der Birne hat fünf weiße Kronblätter und tritt in Büscheln entlang der Äste auf. Des Weiteren besitzt sie fünf Griffel, wobei die Narben sich vor den Antheren entwickeln. Die Griffel stehen beim Öffnen der Blüte aufrecht, die Staubblätter neigen sich, sodass die Antheren sich unterhalb der aufnahmebereiten Narben befinden. Danach entfalten sich die Staubblätter zu ihrer vollen Länge und die vollständig entwickelten Antheren geben Pollen ab. Die Samenanlage besteht aus fünf Kammern mit jeweils zwei weiblichen Samenzellen. (Delaplane, 2000) Bei unzureichender Bestäubung können sich nicht alle zehn Samen ausbilden und es kommt zu einer einseitig ausgebildeten Frucht. Daraus resultiert eine erhebliche Preisminderung in der Tafelobstproduktion. Deshalb ist eine perfekte Bestäubung in der Tafelobstproduktion wesentlich.

Die Blühzeit dauert normalerweise eine Woche an. (McGregor, 1976)

Ein 15jähriger Baum der Sorte „Anjou“ besitzt bis zu 8000 Fruchtknospen, wobei jede einzelne ein Büschel von mindestens sieben vollkommenen Blüten beinhaltet. Somit kann ein einziger Baum bis zu 56000 Blüten produzieren, von denen jede potentiell eine Frucht ausbilden kann. (Brown und Childs, 1929) Bei einer Fruchtbildung von nur 1,96% ist ein zufriedenstellender Ertrag gegeben. (McGregor, 1976)

Die Birne wird von der Honigbiene nicht gerne befliegen. Sie produziert zwar genügend Pollen, allerdings nur wenig Nektar. (Delaplane, 2000) Die täglich abgesonderte Nektarmenge beträgt nur 0,5-3 mg, der mittlere Zuckergehalt liegt bei 14-21%. Daraus ergibt sich ein Zuckerwert (je Blüte und 24 Stunden) von 0,1-0,3 mg. (Maurizio, 1994)

Die Zuckerkonzentration bei den Sorten „Winter Nelis“ und „Bartlett“ beträgt 9,9% bzw. 7,9%. (Vansell, 1942) Auf Grund des niedrigen Saccharosegehalts werden Bienen kaum von der Birnenblüte angezogen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Die je Blüte produzierte Pollenmenge beläuft sich auf 1,2 mg. (Maurizio, 1994) Bienen nutzen daher überwiegend den Pollen der Birne, für den Nektargewinn sind andere Pflanzen attraktiver. (Delaplane, 2000)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Es existieren sowohl selbstbefruchtende als auch -sterile Birnensorten, manche sind auch nur teilweise selbstbefruchtend und profitieren massiv von Fremdbestäubung. Einige Sorten variieren in ihrer Fähigkeit zur Selbstbefruchtung abhängig von regionalen Gegebenheiten und Anbauart. Da jedoch die Mehrheit von ihnen zu den sterilen Sorten gehört, ist das Setzen von Fremdbestäuberkulturen von größter Wichtigkeit. (Delaplane, 2000) Die Fruchtbildung kann durch ein Zwischensetzen von Bestäubersorten und durch Verwendung eines ausreichenden Bienenbestands gesteigert werden. (Griggs, 1970)

Die Fruchtbildung bei allen wichtigen Birnensorten in den pazifischen Staaten der USA wird durch Fremdbestäubung unter bestimmten, wenn nicht sogar allen Bedingungen, unterstützt. (Kinman und Magness,

1935)

Weder „Kieffer“ noch „Angoulenne“ bildeten Früchte bei gekäfigten Blüten. (Close, 1903) Powell (1902) empfiehlt daher das Zwischensetzen von Bestäuberkulturen bei „Kieffer“.

Die Sorte „Bartlett“ in Schweden war selbststeril. (Florini, 1925) Kraus (1912) riet Bauern und Landwirten in Ohio dazu, die Sorten „Anjou“, „Clairgeau“, „Howell“ oder „Kieffer“ zusammen mit „Bartlett“ zwecks Fremdbestäubung zu pflanzen.

Griggs und Iwakiri (1954) zeigten, dass bei „Bartlett“ nicht das Gebiet ausschlaggebend für eine Fruchtbildung ist, sondern die Bedingungen, unter welchen sie wachsen.

Bei Käfigung von Bäumen der Sorte „Bartlett“ über mehrere Saisonen war ein rapider Rückgang der Fruchtbildung zu beobachten, gleichgültig ob sie mit oder ohne Bienen gekäfigt waren. Im ersten Jahr kam es zu keinem offensichtlichen Unterschied. Im zweiten Jahr nahm die Produktion in den Käfigen, welche ausschließlich Bienen beinhalteten, um 58% ab. Im folgenden Jahr war die Produktion um 92% reduziert. (Stephen, 1958)

Weldon (1918) hingegen berichtete, dass große Plantagen von „Bartlett“ in Kalifornien einen zufriedenstellenden Ertrag produzierten.

Waite (1895, 1899), Johnston (1927), Overholser *et al.* (1944) und Vansell (1942, 1946) erwähnten eine Vielzahl an Insekten, welche die Birne anfliegen; unter ihnen *Hymenoptera*, *Diptera*, *Coleoptera* und weitere. Wie auch andere ist Vansell (1942) der Ansicht, dass die Honigbiene der wichtigste Bestäuber ist.

Steche (1959) zeigte, dass Fremdbestäubung durch Honigbienen den Ertrag verdreifachte, verglichen mit dem Gewicht der Früchte von selbst- oder nicht bestäubten Pflanzen.

Erhebliche Mengen an Honigbienen wurden in Victoria zur Bestäubung der Nashi-Birne verwendet. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Obwohl Schmeißfliegen 23% der befliegenden Insekten ausmachten, war ihre Leistung als Bestäuber nur von geringem Wert, und Honigbienen waren „praktisch die einzigen effektiven Verteiler des Birnenpollens.“ (Vansell, 1942) Vansell merkte auch an, so wie Scullen und Vansell (1942), Smith und Bradt (1967), Stephen (1958) und Tufts und Philip (1923), dass die Bienen eine starke Präferenz für Birnenpollen zeigten, jedoch nur ein geringes Interesse für Nektar zu erkennen war.

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010)

-)14,2% Anstieg im Ertrag gegenüber von Bienen isolierten Bäumen bei der Variation „Packhams“ und 49,2% Anstieg bei „Packhams Triumph“ gegenüber von Bienen isolierten Bäumen. (keine Signifikanz bei $P > 0,05$)
-)633% Anstieg im Ertrag bei „Winter Nelis“ auf offenen Flächen gegenüber von Bienen isolierten Flächen.
-)Honigbienen werden für die Glashausbestäubung verwendet.
-)2,7 mal mehr Früchte gegenüber von Bienen isolierten Flächen. (Indien)
-)Das Besprühen der Bäume mit einer 30%igen Zuckerlösung erhöhte die Fruchtbildung auf Grund erhöhter Bienenaktivität.
-)Bienen nutzen die Blüte hauptsächlich als Pollenquelle.

-)Data für „Winter Nelis“ Birnen. (Langridge und Jenkins (1975) *Aust. J. Exp. Agric. An. Husb.* 15: 105-107):

	Offene Bäume	Gekäfigte Bäume	Statistische Signifikanz der Differenz
Fruchtbildung/100 Blüten	52.75	4.95	P<0,01
Ertrag/Baum (kg)	87.8	11.5	P<0,01
Samen pro Frucht	5	2.9	P<0,01

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Birnen:

AUTOR JAHR	ERTRAGS-AUSWIRKUNGEN	WEITERE AUSWIRKUNGEN
STECHE (1959)	Dreifacher Ertrag durch Bienenaktivität	

Empfohlene Bienendichte:

Die Anzahl der Anflüge durch Insekten für eine optimale Fremdbestäubung konnte nicht ermittelt werden. Die Bestäuberpopulation sollte bei Kulturen, welche Fremdbestäubung benötigen, in ausreichendem Maße vorhanden sein, so dass die Bienen gezwungen sind, auf vielen Blüten nach Nahrung zu suchen. (McGregor, 1976)

Die Anzahl der Bienenstöcke sollte erhöht werden, wenn attraktivere Tracht anderer Pflanzen vorhanden ist. Die Bienenstöcke sollten in der Plantage platziert werden wenn 25 % der Blüten geöffnet sind. Des Weiteren sollten die Bienenstöcke in zwei Intervallen mit etwa fünf Tagen Abstand eingebracht werden unter Verwendung von circa 5 Stöcken pro Hektar. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Batjer *et al.* (1967) und Luce und Morris (1928) empfehlen eine starke Kolonie pro 0,8ha. Corner *et al.* (1964) raten zu zwei Kolonien pro 0,4ha. Goodman (1994) hält bis zu 3 starke Kolonien für angemessen.

Root (1899) empfiehlt, die Bienenstöcke nicht weiter als 600m von der Plantage zu platzieren. Hooper (1935) rät, einen oder mehrere Bienenstöcke neben der Plantage aufzustellen.

Tufts(1919), Davis und Tufts (1941), Stephen (1958), Brown und Childs (1929), Vansell und DeOng (1925) und viele andere empfehlen das Verteilen von einer Kolonie pro 0,4ha über die gesamte Plantage.

Empfohlene Bienendichte für Birnen (Delaplane, 2000):

Bienenstöcke/ha	Autoren
5	Humphry-Baker (1975)
1,2 – 5	McGregor (1976)
2,5 – 5	Levin (1986)
5	Mayer <i>et al.</i> (1986)
1 – 5	Kevan (1988)
5	British Columbia Ministry of Agriculture, Fisheries, and Food (1994)
1 – 5	Williams (1994)
2,5 – 5	Scott-Dupree <i>et al.</i> (1995)

3,7	Durchschnitt
<i>Andere Parameter</i>	
10 – 15 Honigbienen/Baum/min	Mayer <i>et al.</i> (1990)

Auf Grund der geringen Attraktivität der Birne für die Honigbiene ist eine höhere Bienendichte notwendig. Unsere Versuche ergaben einen optimalen Wert ab fünf Völker pro Hektar.

Die Farbe der Pollenhöschen ist bräunlich. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Bohnen (*Phaseolus vulgaris* L.):

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Blüte der Bohne (*Phaseolus vulgaris* L.) besitzt einen langgezogenen, gedrehten Kiel, der Griffel und zehn Staubblätter enthält. Die Antheren im Inneren der Blüte lassen Pollen auf die Narbe fallen am Abend bevor diese sich öffnet. Wird am nächsten Tag Druck auf die Blüte ausgeübt, z.B. durch das Gewicht eines Insekts, treten Griffel und Narbe hervor. Bei Nachlassen des Drucks ziehen sie sich in die Blüte zurück. Der Griffel hinterlässt Pollen an der Öffnung des Kiels. Fremdbestäubung der Bohne ist möglich wenn eine pollentragende Biene oder Hummel die Blüte besucht, während der Griffel herausragt. Andernfalls wird die Narbe selbstbestäubt wenn es während dem Zurückziehen zum Kontakt mit eigenem Pollen an der Öffnung des Kiels kommt. (McGregor, 1976)

Die Nektarabsonderung bei der Ackerbohne (*Vicia faba* L.) beginnt vor dem Öffnen der Blüte und währt drei bis vier Tage. (Koltowski, 1996a) Der Nektar besitzt einen hohen Saccharoseanteil. Die durchschnittliche Zuckerzusammensetzung ist wie folgt: 54,4% Saccharose, 31,2% Fruktose und 14% Glukose. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Der Pollen der Ackerbohne hat einen Proteingehalt von 22% bis 24%. Der Grad der Aminosäuren besitzt einen optimalen Wert für die Ernährung der Honigbiene bzw. übersteigt diesen sogar. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Die Blüten der meisten Bohnenkulturen sind in der Lage sich selbst zu bestäuben; jedoch kann auch Fremdbestäubung in verschiedenen Graden auftreten, abhängig von der Kultur und der Bestäuberpopulation. (Hawthorn und Pollard, 1954; Mackie und Smith, 1935; Barrons, 1939)

Selbstbestäubung ist die Norm bei *Phaseolus vulgaris* und passiert automatisch bevor oder während dem Öffnen der Blüte. Es dauert jedoch 8 - 9 Stunden bis die Befruchtung abgeschlossen ist. (Weinstein, 1926) Während dieser Zeit besteht die Möglichkeit zur Fremdbestäubung durch Bienen oder Hummeln. (Jones und Rosa, 1928; Cruchet, 1953; Webster *et al.*, 1982) Pollenschläuche von fremdem Pollen wachsen möglicherweise schneller als die des eigenen Pollens, ansonsten würde es ausschließlich zur Selbstbestäubung kommen. (Free, 1993)

Die Wahrscheinlichkeit einer Fremdbestäubung liegt bei etwa 1% (Mackie und Smith, 1935), kann aber unter Umständen 8 – 10% betragen bei dicht beieinanderliegenden Reihen, obwohl mit zunehmender Distanz zur Pollenquelle die Wahrscheinlichkeit rapide abnimmt (Barrons, 1939). Kristofferson (1921) berichtete von 0% bis 1,4% Fremdbestäubung; Emerson (1904) beobachtete 0% bis 10%.

Durch Fremdbestäubung von Insekten kommt es weder zu einer Ertragssteigerung, noch bringt es andere ökonomische Vorteile mit sich. (Free, 1993)

Free (1966) kam bei der Sorte „Processor“ zu dem Schluss, dass „ein Einfluss der Honigbiene auf den Ertrag unwahrscheinlich ist.“ Sein Datenmaterial hingegen zeigte bei mit Bienen gekäfigten Pflanzen 21% mehr Samengewicht und 6% mehr Hülsengewicht verglichen mit von Bienen isolierten Pflanzen.

Mommers (1971) studierte die Bestäubung der Bohnen in Glashäusern und kam ebenfalls zu dem Schluss, dass Bienen die Entwicklung von *P. vulgaris* nicht beeinflussen.

Diwan und Salvi (1965) beobachteten, dass Bohnen in Indien eifrig von *Apis dorsata*, *Apis florea* und Spezies der *Trigona* befliegen wurden; die Blüten wurden von *Apis cerana* jedoch generell ignoriert.

Die Unterlagen und Angaben legen nahe, dass die Hummel der effektivste Bestäuber der Bohne ist, gefolgt von Honigbienen. (McGregor, 1976)

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)71,7% erhöhter Saatgutertrag.

-)86,1% erhöhter Ertrag in mit Bienen gekäfigten Flächen verglichen mit Flächen ohne Bienen.

-)3,3fache Erhöhung der Pollenaufnahme der Bienen nach Füttern mit Zuckersirup.

-)77,4% erhöhter Ertrag (Samen/ha) in mit Bienen gekäfigten Flächen verglichen mit Flächen ohne Bienen.

-)Von Bienen angeflogene Pflanzen produzierten 10,3 Hülsen pro Pflanze und 162g Samen pro 20 Pflanzen verglichen mit von Bienen isolierten Pflanzen, welche nur 7,3 Hülsen pro Pflanze und 25g Samen/20 Pflanzen produzierten. (Deutschland)

-)In England produzierten gekäfigte Pflanzen 2328 kg/ha, während Pflanzen, die mit Bienen gekäfigt waren, auf einen Ertrag von 4332 kg/ha kamen. Bei Käfigen, die auf einer Seite geöffnet waren, lag der Wert bei 4320 kg/ha, bei freien Flächen wurde ein Ertrag von 4416 kg/ha erzielt.

-)In England wurde über einen Zeitraum von sechs Jahren ein durchschnittlicher Ertrag von 2672 kg/ha bei Isolation von Bienen erzielt. Bei Pflanzen, mit Bienen gekäfigt, kam man auf einen Durchschnittswert von 3996 kg/ha.

-)In der Ukraine erhöhten Honigbienen den Ertrag an Hülsen um 12,1%.

-)Der Anteil an Ackerbohnenpollen im eingelagerten Pollen des Bienenstock lag zwischen 12% und 88%. (Tschechoslowakei)

-)Die Beistellung von Honigbienen erhöhte den Ertrag in South Australia.

-)Bei freiliegenden Flächen, wobei jede Blüte mindestens acht Bienenanflüge verzeichnete, lag der Wert des Saatgutertrags um mindestens dem 8fachen über dem Wert von Pflanzen ohne Bienenanflügen.

-)Bei Abwesenheit von Honigbienen war die Wahrscheinlichkeit höher, dass sich die Blüten nicht vollständig entwickelten. (Frankreich)

-)In gekäfigten Flächen zeigten sich Honigbienen als Bestäuber der Ackerbohne effektiver als

Blattschneiderbienen. (Kanada)

-)Einbringung von Honigbienen zu gekäfigten Pflanzen zeigte, dass ein hoher Grad an Bestäubung bei offenen Bedingungen erreicht werden kann. (New South Wales)

-)Honigbienen waren die einzigen Pollenträger. Die Häufigkeit der Bestäubung lag nie unter 50% und durchschnittlich bei 80%. (Victoria und South Australia).

-)Die Honigbiene ist verantwortlich für 43,6% der Bestäubung bei der Ackerbohne. Die Honigbiene konnte den Ertrag auf größeren Feldern bei mangelnden Alternativbestäubern steigern. (Finnland)

-)Honigbienen befliegen die Limabohne während des gesamten Tages.

-)Insekten, die Zugang zur Ackerbohne hatten (vornehmlich Honigbienen), produzierten durchschnittlich 30% mehr Hülsen, 13% mehr Samen/Hülse, 47% mehr Samen/m² und einen 23% höheren Saatgutertrag pro m². (Koltowski, 1996b)

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Bohnen:

AUTOR JAHR	ERTRAGS- AUSWIRKUNGEN	WEITERE AUSWIRKUNGEN
FREE (1966)	21% mehr Samengewicht	6% mehr Hülsengewicht

Empfohlene Bienendichte:

Den meisten Quellen nach gibt es keine Empfehlungen für die Verwendung von Bienen als Bestäuber der Bohne. (McGregor, 1976)

2 bis 3 Bienenstöcke pro Hektar werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Brombeere (*Rubus fruticosus* L.):

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Zweige, Blattstiele und Blattnerven der Brombeere sind mit großen, harten Stacheln besetzt. (Maurizio, 1994) Der aufrechte Brombeerblütenstand ist normalerweise ein Büschel von 10 bis 20 Blüten, während die kriechende Brombeere eher 1 bis 10 Blüten in Büschelform besitzt. Durch Kreuzung kam es zu einer Vielzahl an Büschelgrößen in unterschiedlichen Sorten und Kulturen. (McGregor, 1976)

Die Blüte der Brombeere hat eine weißliche Farbe. Sie besitzt fünf Kronblätter, 50-100 Staubblätter und eine Vielzahl an Griffeln. Die Brombeere ist, so wie die Himbeere, eine Sammelfrucht. Nektar wird an der Basis der Blüte abgesondert. Das Drüsengewebe des Nektariums ist ringförmig und liegt zwischen Blütenboden und dem Staubblätterkreis. (Free, 1993; Maurizio, 1969) Die Nektarsekretion beginnt kurz bevor die Kronblätter sich zu öffnen beginnen und endet, wenn die Kronblätter abfallen. (Percifal, 1946)

Die mittlere Nektarabsonderung der Brombeere je Blüte und 24 Stunden liegt bei 4-6mg, der Zuckergehalt beträgt 12 bis 49% und der Zuckerwert liegt bei 1,9-3,4 mg. Der Honigwert reiner Brombeersträucher wird auf 5-26 kg geschätzt. Bei der Brombeere wurden Sekretionsunterschiede zwischen end- und seitenständigen Blüten festgestellt (Maurizio, 1969). Im Brombeernektar sind die drei Hauptzucker annähernd gleich stark vertreten (Verh. Fr/Gl = 1,0; Verh. S/Fr+Gl = 0,3-0,5). (Maurizio, 1994)

Die Blüten beider *Rubus* - Arten sind staubblatt- und pollenreich. Die Gesamtpollenmenge wird mit 1,1 – 1,4 mg je Blüte angegeben, wovon 0,2 – 1,1 mg täglich zur Verfügung stehen. Die Pollendarbietung dauert vom Morgen bis in die späten Nachmittagsstunden (Ganztagstypus). Der Pollen wird in mittelgroßen hell- bis dunkelgrauen Höschen eingetragen. Der Anteil an der Gesamtpollenernte bleibt mit 1-2 % bescheiden, nur in Gegenden mit großen kultivierten oder wildwachsenden *Rubus* – Beständen kann er höhere Werte erreichen. *Rubus* – Pollen gehören zu den stickstoffreichen Pollenarten (Stickstoffgehalt 4,6 %). (Maurizio, 1994)

Sowohl das Pollen- als auch das Nektarangebot ist reichhaltig und wird von Bienen genutzt. Der überwiegende Teil der Bestäubung findet während der ersten zwei Tage statt. (Free, 19993; Maurizio, 1969)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Von der Vielzahl an Brombeersorten sind einige selbststeril, andere haben getrennt männliche und weibliche Pflanzen und benötigen daher Fremdbestäubung. Des Weiteren wurden teilweise selbstfertile Sorten als Kultursorten selektiert. Unabhängig davon ob selbststeril oder –fertil profitiert die Brombeere wesentlich von der Übertragung der Pollen durch Bienen. Dadurch wird sowohl die Größe als auch die Form der Frucht positiv beeinflusst. (Free, 1993; Delaplane, 2000) Der Ertrag ist großteils abhängig von dem Grad an Fremdbestäubung durch Insekten. (McGregor, 1976)

Die durchschnittliche Dauer eines Bienenaufenthalts betrug acht Sekunden pro Blüte. Die Zeit der höchsten Aktivität lag zwischen 10:00 und 16:30. (Garces *et al.*, 1995)

Die Honigbiene befliegt die Brombeere eifrig wenn das Wetter günstig ist, und ihr wird auch ein Großteil der Fremdbestäubung zugeschrieben. Auch Hummeln und Wildbienen befliegen die Brombeerblüte, jedoch ist ihre Zahl zu gering um eine ausreichende Bestäubung für einen kommerziellen Ertrag zu erbringen. (McGregor, 1976)

Einige Hybride der Brombeere sind selbststeril, viele Spezies jedoch sind teilweise selbstfertil. (Darrow, 1924, 1942; Darrow und Waldo, 1948)

Selbststerilität ist bei der wilden Brombeere sehr verbreitet. (Darrow, 1967) Auch Detjen (1916) erwähnte die Fertilitätsvariationen bei unterschiedlichen Brombeergruppen und rechnete den Großteil des Pollentransfers den bestäubenden Insekten zu. Hartman (1923) sah die meisten, aber nicht alle, Spezies als selbstfertil an.

Ob die selbstfertilen Kulturen in Abwesenheit von bestäubenden Insekten in der Lage sind, sich selbst zu bestäuben, konnte nicht für alle Kulturen ermittelt werden. Die Struktur der Blüte legt nahe, dass Insekten für den Transfer des Pollens von den entsprechenden Antheren zu allen aufnahmebereiten Narben für maximale Produktion von hochqualitativen Beeren notwendig sind. (McGregor, 1976)

Shoemaker (1961) berichtete, dass die kommerzielle Sorte „Flordagrind“ nicht selbstbefruchtend war und dass wilde Brombeeren passende Bestäuber seien. Die Sorte „Oklawaha“ wurde eigens dafür entwickelt, um die Sorte „Flordagrind“ mit Pollen zu versorgen und so einen absatzfähigen Ertrag zu erzielen. „Oklawaha“ bildet mit eigenem Pollen keine Frucht; sie produziert jedoch reichlich, wenn sie fremdbestäubt wird. (Shoemaker und Westgate, 1966)

Shoemaker und Davis (1966) merkten an, dass für eine perfekt geformte Beere die meisten oder alle Stempel der

Blüte effektiv bestäubt werden müssen. Dies kann durch Honigbienen erreicht werden. Die Kolonien sollten in oder nahe dem Feld, kurz vor Beginn der Blühzeit, platziert werden. Auch sollte man alternierende Reihen von „Flordagrund“ und „Oklawaha“ setzen, um eine Pollenquelle für Fremdbestäubung zu gewährleisten. (Sherman und Westgate, 1968)

Die Sorten „Mammoth“ und „Cory Thornless“ in Oregon sind „mehr oder weniger selbststeril und benötigen Fremdbestäubung“. Unzureichende Fremdbestäubung reduziert die Fruchtbildung und beeinflusst die Fruchtform negativ. (Hartman, 1923)

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)Durch die Honigbiene kam es bei der Variation „Thornless Evergreen“ vermehrt zu einer früheren Ernte.
-)Die meisten Blüten wurden am Tag der Öffnung bestäubt.
-)Die Honigbiene war in Italien der Hauptbestäuber mit 69%; auch Bienen der Gattung „Lasioglossum“ waren mit 30% bis 40% maßgeblich an der Bestäubung beteiligt. (Garces *et al.*, 1995)

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Brombeeren:

AUTOR JAHR	ERTRAGS- AUSWIRKUNGEN	WEITERE AUSWIRKUNGEN
FREE (1993)	Größe positiv beeinflusst	Form positiv beeinflusst
DELAPLANE (2000)		

Empfohlene Bienendichte:

2 bis 10 Bienenstöcke pro Hektar werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Empfohlene Bienendichte für Brombeeren (Delaplane, 2000):

Bienenstöcke/ha	Autoren
7,5-10	Crane und Walker (1984)
2,5	Scott-Dupree <i>et al.</i> (1995)
6,7	Durchschnitt
Andere Parameter	
1 Honigbiene pro 100 Blüten	McGregor (1976)

Die Farbe der Pollenhöschen ist grau-weiß. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* MOENCH):

Die seltsame deutsche Bezeichnung „Buchweizen“ bezieht sich auf Aussehen und Verwendung der Frucht: die dreikantige Gestalt ähnelt den Bucheckern, die Körner werden als Mehlfrucht genutzt.

Früher war der Anbau des Buchweizens viel verbreiteter als heute, da er sehr anspruchslos ist und auch auf nährstoffarmen Böden gedeiht. Die Pflanze ist aber bei uns nicht heimisch. Sie wurde erst mit den Mongoleneinfällen im 14. Jahrhundert von Mittelasien nach Europa eingeschleppt. Die Bezeichnung „Heidekorn“ und „Türkenkorn“ deuten noch auf dieses Ereignis hin. Denkbar ist aber auch „Heide“ als Hinweis auf die Anbaufläche, denn auch frisch umgebrochener Boden, also Heiden, machen Buchweizenaussaat möglich.

(Maurizio, 1994)

Der Buchweizen ist einjährig und hat eine spindelförmige Wurzel. Die Blätter des Buchweizens sind hellgrün, dreieckig herzförmig und zugespitzt. Er wird meist als Nachfrucht auf abgeernteten Roggenäckern angebaut, doch auch in Hauptkultur zur Körnergewinnung. Gelegentlich gibt man Buchweizen auch als schnellwüchsige, blattreiche Zwischenfrucht ins Gemenge zur Aussaat. Gerne wird er auch verschiedenen Mischungen beigegeben, z.B. zur Wildäsung, Feldbegrünung im Rahmen von Flächenstilllegungen usw.. Man rechnet 80 – 100 kg Aussaat pro Hektar, bei einer Reihendistanz von 10 -15 cm. Die Saattiefe ist 2 – 4 cm, die Aussaatzeit kann sich bis Ende Juli ausdehnen. (Maurizio, 1994)

Die Pflanze bzw. die Blüte ist auch Quelle für Rutin, das in der Medizin Verwendung findet für die Behandlung von Bluthochdruck und zur Vorbeugung von Kapillarblutungen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die kleinen, weißen oder rosafarbenen Buchweizenblüten stehen in end- oder seitenständigen Doldentrauben und besitzen einen 5-teiligen Perianth. Der Griffel ist dreiteilig, die Frucht ein Nüsschen. Es kommen kurz- und langgriffelige Blüten vor (Heterostylie), die Pollen unterschiedlicher Größe produzieren. Zwischen den 8 (oder 9) Staubblättern und dem Griffel sitzen 8 (oder 9) rundliche, lebhaft orangegelb gefärbte Nektarien. Diese sind hakenförmig gekrümmt, der Nektar wird im Winkel der Krümmung durch papillös verlängerte Epidermiszellen abgesondert. Er sammelt sich in einem grün gefärbten Grübchen (Safthalter) des gegenüberliegenden Perianthblattes. (Maurizio, 1994) Die acht (neun) kleinen Nektarien alternieren mit den Filamenten der Staubblätter. Die innenliegenden Staubblätter treten nach außen und umgekehrt, was dafür sorgt, dass das Insekt auf beiden Seiten des Körpers mit Pollen bedeckt wird. (Free, 1993; Maurizio, 1994)

Weiters ist anzumerken, dass Pollen von den Staubblättern des inneren Wirtels in Bezug auf Befruchtung effektiver sind als die des äußeren Wirtels. (Pausheva, 1961) Auf Grund der höheren Keimfähigkeit des Pollens und Aufnahmefähigkeit der Narben hat eine Bestäubung zwischen 8:00 und 10:00 einen größeren Fruchtansatz zur Folge als zu einer späteren Tageszeit. Pollen vom unteren Blütenstand produzieren ebenfalls einen größeren Fruchtansatz als die des Oberen (22:9%), sowie Pollen der zuerst sich öffnenden Blüte im Verhältnis zu der sich späteren Öffnenden (19:9%). (Elagin, 1976)

Die Samenanlage, die aus drei Kammern besteht, wird von den drei Griffeln überragt. Eine einzige Pflanze besitzt bis zu 2000 Blüten; zum Blühen benötigt sie 25-30 Tage ab Aussaat, wobei jede einzelne nur für einen Tag geöffnet und befruchtungsfähig ist. Die Buchweizenblüte ist zwittrig und tritt in zwei verschiedenen Formen auf; entweder lange Staubblätter mit kurzen Griffeln, welche bis zur Mitte der Filamente der Staubblätter reichen, oder kurze Staubblätter mit langen Griffeln, die die Antheren um 2-3mm überragen. Das führt dazu, dass das Insekt Pollen an einer Stelle des Körpers aufnimmt, die beim anderen Typ auf Höhe der Narben liegt. Pollenkörner der kurzgriffligen Blüten sind größer als die der Langgriffligen. (Free, 1993; Maurizio, 1994)

Die Blüten öffnen sich früh morgens, ab 12 Uhr schließen sich die ersten Blüten, gegen 15 Uhr nachmittags sind kaum mehr Blüten offen, ab 17 Uhr ist die Blühzeit völlig zu Ende. (Maurizio, 1994)

Die Nektarabsonderung kann als reichlich bezeichnet werden, folglich ist der Buchweizen für Honigbienen als

Nektarquelle sehr gut geeignet. Die Nektarsekretion beginnt mit der Blütenöffnung und dauert bis spätestens 10 Uhr vormittags, mit einem Maximum um 7 Uhr. Die Einzelblüten sondern 0,2-0,4 mg Nektar mit einem Zuckergehalt von 7-45% ab; der Zuckerwert beträgt 0,03-0,17 mg pro Blüte. (Maurizio, 1994) In Russland belief sich die Nektarproduktion auf 87 mg pro 100 Blüten. Eine weitere Variation in Polen lieferte 92 kg Nektar pro Hektar und 13,8 mg Zucker pro 100 Blüten. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Sim und Choi (1999) berichteten, dass die Nektarproduktion am ersten und zweiten Tag zwischen 0,011 und 0,0053 Milliliter pro Blüte betrug und eine Zuckerkonzentration von 36,9% aufwies.

Außenbedingungen, vor allem die Temperatur, beeinflussen Menge und Zuckergehalt des Nektars maßgeblich. Optimal für die Absonderung sind 16-26°C. Zwischen den Kultursorten bestehen beträchtliche Unterschiede in der Nektarsekretion. Die Zuckerabsonderung eines Buchweizenfeldes wird auf 90-290 (bis 490) kg/ha geschätzt. Im Buchweizennektar treten die drei Hauptzucker annähernd zu gleichen Teilen auf (Fruchtzucker 36%, Traubenzucker 34%, Rohrzucker 30%; Verh. Fr/Gl=1,04, Verh. S/Fr + Gl=0,42). (Maurizio, 1994)

Eine Honigbienenkolonie mit Zugang zu einem blühenden Buchweizenfeld kann 3,7kg bis 5,6kg Honig pro Tag einlagern. (Versehora, 1962) und 33,5kg bis 108kg Nektar pro 0,4ha sammeln. (Free, 1970; Martin und Leonard, 1949) Laut Atkinson (1974) produzieren 0,4 Hektar Buchweizen 68 kg Honig.

Der Honigertrag kann zwischen 50 kg und 500 kg pro Hektar liegen, 4 kg bis 6 kg Honig pro Tag und Bienenstock (in Rumänien). (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Bukhareva (1964) und Leshchev (1952) berichteten, dass einige Spurenelemente einen Anstieg der Nektarsekretion und des Samenertrags zur Folge hatten. Auch Kopel'skievsky (1955, 1960), Leshchev (1952) und Skrebtsova (1957) beobachteten durch Kalzium-, Stickstoff- und Phosphordüngung eine gesteigerte Effektivität der Bestäubung durch Honigbienen.

Der Buchweizen ist vor allem eine wichtige Nektarquelle für Bienen, als Pollenspender wird er nebenbei ausgebeutet. Eine Buchweizenblüte liefert 0,17mg Pollen. (Maurizio, 1994)

Sim und Choi (1999) berichteten von 1,7 mg Pollen pro Blüte.

Nach Beobachtungen in Polen sammeln nur 8 – 25% der anfliegenden Bienen Pollenhöschchen. Die Pollendarbietung ist morgens am Höchsten. Zwischen 7 und 7:30 Uhr beträgt der Anteil der eingetragenen Buchweizenhöschchen 85% des Gesamtpollens; zwischen 9 und 9:30Uhr noch 69%; nach 11 Uhr werden nur noch vereinzelte Buchweizenhöschchen eingebracht. Der Tagesanteil von Buchweizenhöschchen kann bei einzelnen Völkern 2 – 100% betragen. Die Buchweizenhöschchen sind mittelgroß (mittleres Gewicht 5,2mg), hellgelb bis graugelb. Der Stickstoffgehalt beträgt 2,6%. (Maurizio, 1994)

Die maximale Viabilität betrug sechs Stunden bei 20°C, bei 25°C sank sie auf zwei Stunden. Einige Pollen blieben in intakten Pflanzen für ca. 34 – 38 Stunden entwicklungsfähig, jedoch verloren sie ihre Entwicklungsfähigkeit in weniger als einer Stunde durch Lagerung bei Zimmertemperatur ohne Feuchtigkeitsregulierung. (Adhikari und Campbell, 1998b)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Die Buchweizenblüte ist normalerweise nicht in der Lage sich selbst zu bestäuben. Der Aufbau der Blüte verhindert, dass der Pollen automatisch mit der Narbe in Berührung kommt. Ausnahmen beinhalten die gelegentlich auftretenden Blüten, bei denen Stempel und Staubblätter gleich lang sind; sie besitzen

normalerweise einen niedrigen Grad an Selbstfertilität. (McGregor, 1976)

Buchweizenpollen wird nicht vom Wind übertragen, demnach sind Insekten für den Pollentransfer notwendig. (McGregor, 1976) Auch Adhikari und Campbell (1998a) bestätigen, dass Wind kein Hauptfaktor bei der Verteilung des Buchweizenpollens über große Distanzen ist.

Die Blüten des Buchweizens werden von einer Vielzahl von Insekten angefliegen, die Honigbiene ist jedoch vorherrschend. Von allen Insekten, die den Buchweizen nutzen, machen allein die Honigbienen 65-85% aus. (Kopel'kievskii, 1953; Elagin, 1976; Jablonski und Szklanowska, 1987a; Mandl, 2007) Elagin (1971) beschrieb in der USSR in seiner Arbeit über Bestäubung von Buchweizen, dass die effektivste Bestäubung in den frühen Morgenstunden stattfand und eine Ertragssteigerung, besonders durch Honigbienen, beobachtet wurde. Ohne Zweifel ist die Honigbiene der wichtigste Bestäuber des Buchweizens, da sie von der Blüte in hohem Maße angezogen wird und den Pollen effektiv von den Antheren zu den Narben transferiert, sowohl beim Pollen- als auch beim Nektarsammeln. (McGregor, 1976)

Da nur eine Blütenart pro Pflanze vorhanden ist wird die Fremdbestäubung gefördert. Dass Bienen stets beide Arten von Pollenkörnern bei sich tragen zeigt, dass sie während eines Trachtfluges beide Formen der Buchweizenblüte anfliegen. (Davydova, 1954)

Selbstbestäubung hat einen Fruchtansatz von 0,5% und 13,1 Samen pro Pflanze zur Folge, während bei einer Fremdbestäubung durch Insekten 44,2% Fruchtansatz und 410 Samen pro Pflanze erzielt werden. (Pausheva, 1976) Weiters ist anzumerken, dass der Fruchtansatz höher ist, wenn die Pflanze von 4-6 Bienen angefliegen wurde. Ein Beflug von weniger als 3 Bienen pro Pflanze führt zu einem signifikant niedrigeren Wert. (Grigorenko, 1979)

Um die 50% der Fremdbestäubung erfolgt bei Pflanzen in unmittelbarer Nähe zueinander und der Anteil sinkt bei zunehmender Entfernung. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bei mehr als 12 Meter Distanz zur Pollenquelle. Ein beachtlicher Teil der Fremdbestäubung trat bei wenigen Metern Entfernung auf, während bei 100 Metern Distanz zur Pollenquelle der Wert auf knapp 1% sank. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Es konnte auch eine Beziehung zwischen Bienenbevölkerung und Samenernte nachgewiesen werden. Bei 10-16 Bienen pro 100m² reicht der Ertrag von 150-490kg/ha, bei 83-127 Bienen pro 100m² konnte ein Wert von 890-1090kg erzielt werden. (Ponomariova, 1976)

Je weiter das Bienenvolk von der zu bestäubenden Buchweizensorte entfernt wird, umso geringer fällt die Samenernte aus. Vergrößert man den Abstand von einigen wenigen Metern auf 1,5 km sinkt der Ertrag von durchschnittlich 850 kg auf 575 kg. (Elagin, 1953) [siehe Tabelle unten]

Vergrößert man die Distanz auf 2-2,1km fällt der Ertrag sogar um bis zu 74%. (Mel'nichenko, 1976)

Distanz zum Bienenstand	Samenertrag kg/ha
„Nahe“	850
500m	770
1000m	720
1500m	575

Elagin (1953) [Durchschnitt von 2 Jahren]

Die Anzahl der Kolonien in Relation zur Buchweizenfläche wurde von Elagin (1953) nicht wiedergegeben; dort, wo fünf Kolonien pro Hektar zugegen waren, kam es in 80,4% der Fälle zu einer Samenbildung, bei nur einer Kolonie hingegen lag der Wert bei 57,8%.

Glukhov (1955) berichtete von 1700kg Buchweizensamen pro Hektar innerhalb von 500m Entfernung zum Bienenstand; die Werte sanken bei 500m – 1000m auf 1200kg und bei 2000m – 3000m auf 500kg pro Hektar. In einem anderen Feld kam er bei unmittelbarer Nähe zum Bienenstand auf 2500kg Samen pro Hektar, bei 500m auf 1900kg/ha und bei 1000m auf 1300kg/ha. Ähnliche Werte erzielte Kopel'skievsky (1960); er kam in unmittelbarer Nähe zum Bienenstand auf 1470kg Samen pro Hektar, jedoch bei 2000m auf lediglich 840kg/ha. Die Samenbildung in Käfigen mit Honigbienen erfolgte zu 55,7%, während der Wert in Käfigen ohne Bienen bei nur 6,7% lag. Bei offenen Flächen mit bestäubenden Honigbienen erfolgte die Samenbildung in 40,2% der Fälle. (Sim und Choi, 1999)

Im Frühling (in Korea) kam es bei Pflanzen, die mit Honigbienen gekäfigt waren, zu einem Ertrag von durchschnittlich 140,7 Samen, während bei Pflanzen, die ohne Bienen gekäfigt waren, der durchschnittliche Ertrag bei 67 Samen lag (ein Rückgang um 52%). Im Herbst war der Unterschied zwischen gekäfigten Pflanzen mit Bienen (durchschnittlich 55,3 Samen) im Vergleich zu gekäfigten Pflanzen ohne Bienen (durchschnittlich 7,3 Samen) mit einem Rückgang von 86,8% sogar noch größer. (Hyung Rae und Mi Hyun, 1997)

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Buchweizen:

AUTOR JAHR	ERTRAGS- AUSWIRKUNGEN
PAUSHEVA (1976)	Selbstbestäubung = 0,5% Fruchtbildung und 13,1 Samen/Pflanze Fremdbestäubung = 44,2% Fruchtbildung und 410 Samen/Pflanze
PONOMARIOVA (1976)	10-16 Bienen/100m ² = 150-490 kg/ha Ertrag 83-127 Bienen/100m ² = 890-1090 kg/ha Ertrag
ELAGIN (1953)	5 Kolonien/ha = 80,4% Samenbildung 1 Kolonie/ha = 57,8% Samenbildung
GLUKHOV (1955)	1700kg Samen/ha (unter 500m Distanz zum Bienenstand) 1200kg Samen/ha (500-1000m Distanz zum Bienenstand) 500kg Samen/ha (2000-3000m Distanz zum Bienenstand)
GLUKHOV (1955)	2500kg Samen/ha (unmittelbare Nähe zum Bienenstand) 1900kg Samen/ha (500m Distanz zum Bienenstand) 1300kg Samen/ha (1000m Distanz zum Bienenstand)
KOPEL'SKIEVSKY (1960)	1470kg Samen/ha (unmittelbare Nähe zum Bienenstand) 840kg Samen/ha (2000m Distanz zum Bienenstand)
SIM und CHOI (1999)	55,7% Samenbildung (Käfige mit Bienen) 6,7% Samenbildung (Käfige ohne Bienen) 40,2% Samenbildung (offene Flächen)
HYUNG RAE und MI HYUN (1997)	FRÜHLING 140,7 Samen (mit Bienen) 67 Samen (ohne Bienen) HERBST 55,3 Samen (mit Bienen) 7,3 Samen (ohne Bienen)

Empfohlene Bienendichte:

Drei bis fünf Bienenstöcke pro Hektar werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

In Kanada wird eine Kolonie pro 0,4ha empfohlen. (Smith *et al.*, 1971)

Es sollten genügend Bienen anwesend sein, so dass jede Blüte 5 bis 6 Anflüge erhält. (Kashkovskii, 1958) Die benötigte Anzahl an Kolonien, welche die 5-6 Anflüge/Blüte gewährleisten, variiert mit dem Standort und den Bedingungen. (McGregor, 1976)

Um den optimalen Ertrag zu erzielen sind 4-5 Bienenvölker pro Hektar notwendig. (Mel'nichenko, 1976)

Die Farbe der Pollenhöschen ist grau. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Dill (*Anethum graveolens* L.):

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

siehe Karotte

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Die kleinen gelben Blüten der Dille (*Anethum graveolens* L.) sind entweder männlich, weiblich oder hermaphroditisch. (McGregor, 1976) Bestäubung durch Insekten ist notwendig. (Free, 1993)

Bienen machten 63% der Blütenbesucher aus; die am zahlreichsten vertretenen Bienen gehörten zu den Gattungen *Andrenidae* und *Halictidae*. (Free, 1993)

Pflanzen, welche mit und ohne Schwebfliegen gekäfigt wurden, bildeten 1001 bzw. 59 Samen pro Primärdolde aus. (Flemion und Henrickson, 1949)

In Polen war der Samenertrag in zwei aufeinanderfolgenden Jahren durch Isolation von Insekten um 30% bzw. 43% reduziert. Die Zuckerproduktion betrug 0,4mg pro 10 Blüten/Tag; daraus ergibt sich ein geschätzter Honigertrag von 27,8 kg/ha. Weiters wurden 0,63mg Pollen pro 10 Blüten produziert, was einem Pollenertrag von 18,7 kg/ha entspricht. (Warakomska *et al.*, 1982)

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Erdbeere (*Fragaria* L.):

Im Jahr 2009 wurden in Österreich 15.213 Tonnen Ananaserdbeeren geerntet. (Grüner Bericht, 2010)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Blüten aller gegenwärtigen Kulturen sind zweigeschlechtlich. Klone, welche ausschließlich männlich oder ausschließlich weiblich sind, können in der Wildnis oder bei Setzlingen auftreten. (McGregor, 1976)

Die Blüten der Erdbeere sind weiß und messen 2,5-3,8 cm im Durchmesser. Jede Blüte besitzt fünf Kronblätter, zahlreiche Griffel mit jeweils einer Kammer, sowie 24 bis 36 Staubblätter. Die erste Blüte wird *Primärblüte* genannt und hat 350 Narben, die nächsten zwei sind *Sekundärblüten* mit 260 Narben und schließlich bilden vier weitere Blüten die *Tertiärblüten* mit circa 180 Narben. Primärblüten produzieren die größte Frucht. Die Staubblätter der Erdbeere färben sich gelb sobald sie fruchtbaren Pollen besitzen; die Narben werden empfangsbereit noch ehe die Antheren den Pollen freigeben. Erst wenn die Blüte für einige Zeit geöffnet ist und die Antheren zu trocknen beginnen wird der Pollen abgegeben. Dies führt zu einer höheren Wahrscheinlichkeit der Fremdbestäubung. Wenn sich die trockenen Antheren schlussendlich öffnen, wird der Pollen explosionsartig über die zahlreichen Narben verteilt; demnach ist auch eine Selbstbestäubung möglich. Sobald der Pollen freigesetzt wurde, bleibt er für einige Tage nutzbar. (Free, 1993; Delaplane, 2000)

Am Wahrscheinlichsten findet eine Bestäubung während der ersten vier Tage nach Öffnung der Blüte statt (McGregor, 1976), jedoch beginnen einige Blüten schon am zweiten Tag zu vertrocknen. (Connor, 1970)

Erdbeerblüten bleiben empfangsbereit für bis zu sieben Tage nach der Öffnung (Moore, 1964), bei kühlem Wetter sogar bis zu 10 Tage, jedoch ist die Anzahl der Samen bei spät bestäubten Blüten reduziert. (Darrow, 1966)

Befruchtete weibliche Samenzellen regen das umliegende Gewebe zum Wachstum an; nicht befruchtete Samenzellen bilden meist gar keine Frucht und wenn doch, ist sie häufig missgebildet. Erdbeerblüten produzieren zwar Nektar und Pollen, sind aber für Bienen oft nicht attraktiv. (Delaplane, 2000)

Die Nektarabsonderung wird mit i.M. 0,34 mg (je Bl./24 St), einer mittleren Zuckerkonzentration von 45% und einem Zuckerwert von 0,14 mg angegeben. (Maurizio, 1994)

Die Pollenproduktion wird auf 1,2 mg je Blüte geschätzt, der Anteil *Fragaria*-Höschen an der Gesamtpollenernte beträgt in Berggebieten der Schweiz 2-4%. Der Stickstoffgehalt der Erdbeer-Pollenhöschen beträgt 3,49%. (Maurizio, 1994)

Einige Bienen sammeln überwiegend Nektar und nur wenig Pollen, andere hingegen sammeln ganz bewusst Pollen. (Free, 1968b)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Die meisten kommerziellen Sorten der Erdbeere sind selbstbefruchtend; der Pollen der Antheren sorgt dafür. Um eine makellose Frucht hervorzubringen ist es essentiell, dass jeder Griffel der Blüte bestäubt wird, was bei einer Selbstbestäubung jedoch nicht möglich ist. Demnach sind Wind und Bienen ein wichtiger Faktor in punkto Bestäubung. (Delaplane, 2000) Zwitterige Blüten müssen nicht zwingend komplett selbstbefruchtend sein. Die Staubblätter sind so angeordnet, dass sie, wenn sie Pollen abgeben, viele, aber nicht alle Stempel bedecken. Jedoch ist eine Bestäubung aller Stempel notwendig, um eine maximale Beerengröße zu erhalten. Bei kompletter Bestäubung sollte sich eine perfekt geformte Beere entwickeln. (McGregor, 1976)

Connor und Martin (1973) beobachteten, dass die Länge der Staubblätter von 2,5mm bei „Surecrop“ bis 5,2mm bei „Early Midway“ reicht und jene Blüten mit kürzeren Staubblättern am meisten von Insektenbestäubung profitieren. Basierend auf ihren Studien berichteten sie folgendes: „Selbstbestäubung ist für eine 53%ige Entwicklung der Schließfrüchte verantwortlich, Wind erhöhte den Wert auf 67% und Insektenbestäubung kam auf 91% Entwicklung.“

Wie sich gezeigt hat erhöht sich der Prozentsatz einer Fruchtbildung mit der Anzahl der Bienenanflüge. Auch eine Zunahme der Größe der Frucht bei bis zu 60 Anflügen konnte nachgewiesen werden. Des Weiteren ist es von Bedeutung zu welchem Zeitpunkt die Biene die Blüte anfliegt. Damit es zu einer maximalen Größe der Frucht kommt müssen alle Narben aufnahmebereit sein. (Skrebtsova, 1957b)

11-15 Anflüge durch Bienen sind Voraussetzung um die meisten weiblichen Samenzellen der Blüte zu befruchten. (Jaycox, 1970b) Um einen akzeptablen Ertrag mit einer guten Fruchtgröße zu erzielen sollten die Pflanzen zumindest 15 Tage einer Fremdbestäubung durch Insekten ausgesetzt sein. (Antonelli *et al.*, 1988)

Skrebtsova (1957) bemerkte, dass Bienen einige Kulturen anderen vorzogen; sie hielt fest, dass jede Blüte mindestens 16 bis 20 Anflüge bekommen sollte. Mehr Anflüge resultierten in schwereren Beeren; 16-20 Anflüge resultierten in 5,36g schweren Beeren, und 21-25 Anflüge produzierten Beeren mit durchschnittlich 8,13g. Blüten, welche zur empfänglichsten Zeit, dem Moment der vollständigen Entwicklung der Reproduktionsorgane, bestäubt wurden, produzierten Beeren, die 13,3% bis 58,3% schwerer waren als jene, welche vor dieser Zeit bestäubt wurden.

Falls Wildbienen nicht in ausreichender Zahl vorhanden sind für die von Skrebtsova (1957) empfohlenen 16 bis 25 Bienenanflüge, können Honigbienen beigebracht werden. (McGregor, 1976)

Bei einer Fremdbestäubung durch Insekten erhöht sich die Wahrscheinlichkeit einer Fruchtbildung von 31-39% auf 55-60%. Auch die Anzahl der missgebildeten Früchte ist ungleich geringer. (Hughes, 1961,1962)

Versuche mit gekäfigten Flächen bestätigten den gesteigerten Ertrag und die Reduktion der missgebildeten Früchte durch die Anwesenheit von Bienen. Die Ergebnisse dieser Versuche lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Gesteigerter Fruchtersatz: 25% (Sannino und Priore, 1979)

Gesteigerter Ertrag: 18-100% (Blasse, 1981)

Verringerte Wahrscheinlichkeit einer missgebildeten Frucht: 9% (Sannino und Priore, 1979) bis 41% (Goodman und Oldroyd, 1988)

Verringerte Wahrscheinlichkeit von abfallenden Früchten: 49% (Lackett und Brukhardt, 1979)

Gesteigerte Fruchtgröße: 7% (Moeller und Koval, 1973) bis 16% (Goodman und Oldroyd, 1988)

Free (1968a) verglich die Produktivität von gekäfigten Flächen ohne Insekten, mit jeweils einer Kolonie Honigbienen gekäfigte Flächen und offen liegenden Flächen miteinander. Die Käfige ohne Bienen hatten den geringsten Prozentsatz an Fruchtbildung mit 55% gegenüber 65,5% bei Käfigen mit Bienen. Auch produzierten sie die kleinsten Beeren (6,7g/Beere) verglichen mit 8,3g und 8,4g bei Käfigen mit Bienen bzw. offenen Flächen und die meisten missgebildeten Früchte (48,6%) gegenüber 20,7% im Käfig mit Bienen bzw. 15,4% in offenen Flächen. Auch Howitt *et al.* (1965) und Hughes (1961) assoziierten Fruchtdeformation mit mangelhafter Bestäubung.

Darrow (1966) weist darauf hin, dass, wenn die ersten Blüten sich öffnen und guten Fruchtersatz zeigen, jedoch später kaum oder gar keine Frucht bilden, natürliche Sterilität die Hauptursache ist. Sollte es umgekehrt der Fall sein, so ist wahrscheinlich inadäquate Bestäubung der Grund dafür.

In Rumänien zeigte sich bei Glashäusern ohne Bienen eine Fruchtbildung in 50-59% der Fälle, während bei Anwesenheit von Bienen eine Bildung der Frucht von 80% beobachtet werden konnte, und der schlussendliche Ertrag bei Glashäusern mit Bienen fiel um 107% höher aus. (Cirnu *et al.*, 1978)

Allen und Gaede (1963) studierten die Fruchtbildung von „Shasta“ Erdbeeren in Glashäusern und zeigten, dass Pflanzen, welche gekäfigt und nicht durch Insekten, Menschen oder Luftströme beeinflusst wurden, keine Früchte bildeten; jene, welche ungekäfigt und unbeeinflusst waren, hatten eine 20%ige Fruchtbildung; jene, welche ungekäfigt waren und Wind von einem Ventilator erhielten, zeigten eine 77%ige Fruchtbildung und gekäfigte Pflanzen, welche täglich eine Bürstenbestäubung erfuhren, hatten eine 97%ige Fruchtbildung.

90% der Bestäubung erfolgte durch Insekten, von denen Honigbienen wiederum 90% ausmachten. (Fletcher,

1917) Beflug durch Honigbienen scheinen auf gutes Wetter limitiert zu sein. (Free, 1968a)

Effektivität der Honigbiene als Bestäuber der Erdbeere (Free, 1993):

Messung	Effekt (Durchschnittswert +/- Standardabweichung)
Fruchtansatz	Erhöht um 25%
Ertrag	Erhöht um 18-100% (45 +/- 36,7%)
Missgebildete Frucht	Verringert um 9-41% (25 +/- 13,5%)
Abgefallene Frucht	Verringert um 49%
Fruchtgröße	Erhöht um 7-16% (11,5 +/- 6,4%)

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Erdbeeren:

AUTOR JAHR	ERTRAGS-AUSWIRKUNGEN	WEITERE AUSWIRKUNGEN
CONNOR und MARTIN (1973)	Selbstbestäubung: 53% Fruchtbildung Windbestäubung: 67% Fruchtbildung Insektenbestäubung: 91% Fruchtbildung	
SKREBTSOVA(1957)	16-20 Anflüge = 5,36g/Beere 21-25 Anflüge = 8,13g/Beere	
HUGHES (1961, 1962)	Fremdbestäubung durch Insekten erhöht d. Fruchtbildung von 31-39% auf 55-60%	Weniger missgebildete Früchte
FREE (1968a)	55% Fruchtbildung (Käfige ohne Bienen) 65,5% Fruchtbildung (Käfige mit Bienen)	6,7g/Beere (ohne Bienen) 8,3g/Beere (mit Bienen) 48,6% missgebildete Früchte (ohne Bienen) 20,7% missgebildete Früchte (mit Bienen)
CIRNU <i>et al.</i> (1978)	50-59% Fruchtbildung (ohne Bienen) 80% Fruchtbildung (mit Bienen)	Endgültiger Ertrag mit Bienen um 107% höher
ALLEN und GAEDE (1963)	Keine Fruchtbildung (gekäfigt+unbehandelt) 20% Fruchtbildung (ungekäfigt+unbehandelt) 77% Fruchtbildung (ungekäfigt+Ventilator) 97% Fruchtbildung (gekäfigt+gebürstet)	

Empfohlene Bienendichte:

Jaycox (1970) empfiehlt eine starke Kolonie pro 0,8ha, aufgeteilt in zwei oder mehr Gruppen an den gegenüberliegenden Seiten eines 4 bis 20 ha großen Feldes.

Die Platzierung eines Bienenstands in der Nähe eines Erdbeerbestands erhöhte die durchschnittliche Beerenproduktion von 381kg auf 555kg pro 0,4 Hektar. (Muttoo, 1952)

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Fenchel (*Foeniculum vulgare* (L.) MILL.):

Der gelb blühende Fenchel kommt im ganzen Mittelmeergebiet und in Vorderasien vor, als Kulturpflanze wird er in einem weitaus größeren Bereich angebaut, gedeiht aber nur in wärmeren Lagen. Der Fenchel ist zweijährig bis ausdauernd, die Ernte reicht bis in den Spätherbst. Der Fenchel wird wegen des ätherischen Öles in den Samen schon seit dem Altertum als Gewürz- und Arzneipflanze geschätzt und angebaut. Es konnte noch eine andere Form herausgebildet werden, deren Blattbasen verdickt sind, der sogenannte Knollenfenchel, der sich als Gemüsepflanze zunehmender Beliebtheit erfreut. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

siehe Karotte

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Die gesamten Untersuchungen über die Bestäubung von Fenchel (*Foeniculum vulgare*) wurden in Indien durchgeführt. Pflanzen, welche von Bestäubern isoliert waren, und frei abblühende Pflanzen produzierten 15,6 bzw. 31,2g Samen pro 1000 Dolden. (Sagar, 1981)

Eine Fläche, welche ohne Insekten gekäfigt war, produzierte nur halb so viele Samen wie eine nicht gekäfigte Fläche. (Baswawa, 1984)

Sihag (1986) kam durch Käfigung der Pflanzen auf 392 Samen/Pflanze bzw. 3,4g Samen/Pflanze, während offene Flächen 1364 Samen/Pflanze bzw. 9,6g Samen/Pflanze produzierten. Jedoch wogen die Samen der gekäfigten Pflanzen mehr (8,8 und 7,2g pro 1000 Samen).

Narayanan *et al.* (1960) berichteten, dass die Insektenaktivität beim Fenchel zwischen 11 und 13 Uhr ihren Höhepunkt hatte; *Apis florea* war mit 82% der häufigste Bestäuber, verglichen mit 6% *A. cerana*, 1% *A. dorsata*, 6% Syrphidae und 5% andere Diptera. Sagar (1981) beobachtete, dass *Apis florea* auch die am häufigsten vertretene Honigbiene war (54% *A. florea*, 5% *A. mellifera*, 4% *A. cerana* und 2% *A. dorsata*), obwohl Syrphidae ebenfalls häufig angetroffen wurde (durchschnittlich 34%).

Narayanan *et al.* (1960) merkten an, dass *Apis florea* üblicherweise leider nicht in Bienenstöcken gehalten werden, somit kann man wenig Einfluss auf eine adäquate Bestäubung nehmen.

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Gurke (*Cucumis sativus* L.):

Gurkenarten waren schon im Altertum im Mittelmeerraum bekannt, die heutigen Sorten lassen sich aber nur bis ins Mittelalter zurückverfolgen. Der Gesamtanbau von Gurken ist stetig im Steigen begriffen, doch haben sich die Qualitätsansprüche und die Anbauverhältnisse stark geändert. Zur Erzielung sicherer Ernten baut man jetzt die Gurke sehr häufig in Gewächshäusern an. Dabei wird, je nach der Verwendungsart der Früchte, die Zucht verschieden gestaltet. Bei Einlegegurken, die zum Fruchtansatz der Bestäubung bedürfen, werden zwischen Pflanzen mit viel weiblichen Blüten einzelne mit vorwiegend männlichen gepflanzt; bei Salatgurken (Schlangengurken), bei welchen Samenbildung unerwünscht ist, werden Sorten verwendet, die nur weibliche Blüten besitzen und ohne Bestäubung Früchte entwickeln (parthenokarpe Früchte). (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Blüten der Gurke besitzen gelbe, faltige Kronblätter. Gurken sind in den meisten Fällen monözisch, auch einhäusig genannt, was bedeutet, dass männliche und weibliche Blüten auf derselben Pflanze vorkommen, während auf gynodiözischen Sorten ausschließlich weibliche Blüten entstehen. Männliche Blüten bilden Büschel, mit jeder einzelnen Blüte auf einem schmalen Stängel, und besitzen drei Staubblätter, während weibliche Blüten einzeln auftreten. Sie sind durch ihre großen Samenanlagen an der Basis der Blüte zu unterscheiden. Die Samenanlage hat drei Kammern, einige Reihen von weiblichen Samenzellen und ist

verbunden mit einem kurzen, dicken Griffel mit drei Narbenlappen. (Delaplane, 2000)

Das Nektarium umgibt als wulstige Scheibe den Griffel. (Maurizio, 1994) Sowohl männliche als auch weibliche Blüten produzieren Nektar, der von Bienen verwendet wird. Die Produktion von Nektar ist bei den weiblichen Blüten höher, während die männlichen einen höheren Zuckergehalt aufweisen. (Delaplane, 2000)

Die Nektarabsonderung bei der Gurke beträgt 3,2 mg je Blüte, bei einem Zuckergehalt – je nach Zuchtsorte – zwischen 16,0% und 65,4%, wobei der Rohrzuckeranteil überwiegt. Der Zuckerwert liegt bei 1-3 mg, wobei keine deutlichen Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Blüten vorhanden sind. Die Nektarproduktion blühender Gurkenfelder wird auf 1,9-2,8 kg/ha, die Zuckerproduktion auf 0,11-0,66 kg/ha pro Tag geschätzt. (Maurizio, 1994) Die Nektarsekretion war 3 bis 4 Stunden nach Öffnung der Blüte am höchsten. (Nemirovich-Danchenko, 1964)

Nichtsdestotrotz sind Gurken für Bienen keine reichhaltigen Nektarquellen, weshalb schnell andere, ausgiebigere Pflanzen in der näheren Umgebung angefliegen werden. (Delaplane, 2000)

Die Pollenkörner der Gurke sind groß und klebrig und daher sind Bienen als Fremdbestäuber wesentlich besser geeignet als Wind. Die Narben sind den ganzen Tag über empfangsbereit, es hat sich aber gezeigt, dass die Aufnahmefähigkeit frühmorgens am höchsten ist. Männliche Blüten öffnen sich um etwa zehn Tage früher als die weiblichen Blüten und übertreffen diese zahlenmäßig zumindest 10:1. (Delaplane, 2000)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Die meisten Gurken, unabhängig davon ob einhäusig oder nicht, benötigen Insekten um Pollen derselben oder einer anderen Pflanze zu transferieren. Eine Selbstbestäubung in Abwesenheit von Insekten hat gravierende Auswirkungen auf die Befruchtung, von 30-36% (Jenkins, 1942; Gingras *et al.*, 1999) bis hin zum Totalausfall. (Stanghellini *et al.*, 1997) Bestäubung durch Insekten ist somit die Norm. (Delaplane, 2000)

Edgecombe (1946a, b) verwendete Bienen für den Pollentransfer bei der Produktion von Hybridsamen. Zahlreiche Versuche zeigten, dass alle gegenwärtigen Variationen der Gurke interfertil sind, jedoch muss der Pollen durch Bestäuber auf die Narbe transferiert werden, üblicherweise durch Honigbienen.

Jede Narbe sollte mehrere hundert Pollenkörner für besten Fruchtansatz und Qualität erhalten. (Seaton *et al.*, 1936) Dabei ist es nicht zwingend notwendig, dass alle drei Narbenlappen Pollenkörner bekommen um eine gute Frucht zu produzieren, aber es bedarf einiger Anflüge durch Bienen, um den Fruchtansatz zu optimieren. Die Mindestanzahl an Anflügen pro Blüte liegt bei 8-12 (Connor, 1969; Stephen, 1970; Lord, 1985), 17 (Stanghellini *et al.*, 1997), beziehungsweise 6. (Gingras *et al.*, 1999) Nach 20 Beflügen war die Saatgutproduktion signifikant höher als nach zehn. (Connor, 1969) Bei 2-8 Anflügen ergaben sich 221 g Durchschnittsgewicht und 60 Samen, bei 50 Anflügen sogar 500g Gewicht und 140 Samen. (Shemetkov, 1957)

Der Effekt der Honigbiene (*Apis mellifera* L.) in Bezug auf Fruchtbildung, Samengewicht und Form der Gurke wurde auch an der Universität der Philippinen in Los Banos im Oktober 1988 und März 1989 untersucht. Die Prozentsätze der Fruchtbildung durch Honigbienen (75%) und offener Bestäubung (58%) waren signifikant höher als jene von nicht bestäubten Pflanzen (33%). Folglich hatten durch Honigbienen bestäubte Pflanzen mehr gefüllte Samen (203) verglichen mit offen bestäubten (134) und nicht bestäubten (51) Pflanzen. Die Früchte waren auch schwerer und gleichmäßiger geformt. (Cervancia und Bergonia, 1991)

Weitere Versuche mit gekäfigten Flächen (mit und ohne Bienen) zeigten deutliche Resultate: Bei Flächen mit Bienen kam man auf einen Ertrag von 64 kg, während jene ohne Bienen 15 kg und eine höhere Anzahl von missgebildeten Früchten zur Folge hatten. (Kauffeld und Williams, 1972) Durch die Anwesenheit von Bienen wird das Durchschnittsgewicht der Frucht um 44% gesteigert (Kaziev und Seidova, 1965) und die Missbildung von 28 auf 7% verringert. (Steinhauer, 1971)

Bei gynodiözischen Sorten sollten in etwa 30% männliche Pflanzen gesetzt werden, um eine optimale Bestäubung zu gewährleisten. (Connor und Martin, 1971) Gurken, die von Blüten auf jungen Pflanzen stammen, haben oft eine minderwertige Form und weniger Samen als jene von älteren Pflanzen, daher ist eine bessere Qualität möglich, wenn die Bestäubung bis zur Ausreifung der Pflanze hinausgezögert werden kann. (Connor und Martin, 1970) Dies kann jedoch außerhalb von Glashäusern nur schwerlich erreicht werden. Eine Möglichkeit wäre das spätere Aufstellen von Bienenstöcken; nichtsdestotrotz kann man Wildbienen vom Bestäuben nicht abhalten. Bei gynodiözischen Sorten gäbe es noch die Option des späteren Setzens von männlichen einhäusigen Bestäubersorten. (Delaplane, 2000)

In Europa werden auch pathenogene Gurkensorten angebaut. Bei diesen Sorten ist eine Bestäubung nicht notwendig, sogar unerwünscht, da es in diesem Fall zu missgebildeten Früchten kommt. Gärtner verhindern eine Bestäubung mit Hilfe von modifizierten Glashäusern und Beschränkungen im Halten von Bienen. (Delaplane, 2000)

Szabo und Smith (1970) berichteten, dass die Blattschneiderbiene, *Megachile pacifica*, die Gurke in Glashäusern beflug, wenn die Temperatur bei 30°C blieb. Honigbienen zeigten keinen effektiven Beflug in Folientunneln, wahrscheinlich auf Grund des reduzierten ultravioletten Lichts. (Stephen, 1970b)

Obwohl Gurkenblüten für Bienen attraktiv sind, werden sie nicht als Hauptquelle für Nektar und Pollen erachtet. Individuelle Blüten produzieren zwar große Mengen an Nektar, jedoch ist die Anzahl an Blüten pro Hektar gering. (McGregor, 1976)

Stephen (1970a) stellte fest, dass Bienen nur wenig Pollen von der Gurke bekommen und dass sowohl männliche als auch weibliche Blüten gleichermaßen attraktiv sind. Connor (1969) und Martin (1970) beobachteten, dass das Primärziel der Bienen die Nektarsuche ist und sie Pollen großteils nur sammeln, wenn andere Pollenquellen nicht vorhanden sind.

Knysh (1958) entfernte und testete die Entwicklungsfähigkeit des Pollens von Bienen, welche 250m, 500m, 750m und 1000m zum Bienenstock zu fliegen hatten. 38% des Pollens von Bienen, welche 250m fliegen mussten, war entwicklungsfähig; bei einer Distanz von 500m lag der Wert nur mehr bei 18%. Bei einer größeren Entfernung wurde keine Viabilität festgestellt. Daraus folgerten sie, dass Pollenkörner auf den Bienen eine relativ kurze Entwicklungsspanne besitzen.

Effekte der Honigbiene beim Gurkenenertrag (Delaplane, 2000):

<i>Effekte der Honigbiene</i>	<i>Autoren</i>
Gekäfigte Flächen mit Bienen >400% erhöhter Ertrag verglichen mit gekäfigten Flächen ohne Bienen	Alex (1957a)

Gekäfigte Flächen mit Bienen >160% erhöhter Ertrag verglichen mit gekäfigten Flächen ohne Bienen	Canadian Department of Agriculture (1961)
Erhöhter Ertrag 37,5% und 47,5% in zwei Feldern mit Bienenstöcken verglichen mit Feldern ohne Bienenstöcke	Kauffeld und Williams (1972)
Erhöhtes Gewicht der Frucht pro Pflanze >340% in Glashäusern mit Bienen verglichen mit Glashäusern ohne Bienen	Lemasson (1987)
Erhöhter Ertrag pro Pflanze fast 3 mal höher auf Flächen mit Bienen verglichen mit Flächen ohne Bienen	Gingras <i>et al.</i> (1999)

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Gurken:

AUTOR JAHR	ERTRAGS-AUSWIRKUNGEN	WEITERE AUSWIRKUNGEN
SHEMETKOV (1957)	2-8 Anflüge = 221g/Frucht (Durchschnitt) 50 Anflüge = 500g/Frucht (Durchschnitt)	und 60 Samen und 140 Samen
KAUFFELD und WILLIAMS (1972)	64 kg Ertrag (mit Bienen) 15 kg Ertrag (ohne Bienen)	Verminderte Anzahl missgebildeter Früchte
CERVANCIA und BERGONIA (1991)	Fruchtbildung durch Honigbienen = 75% Fruchtbildung, offen bestäubt = 58% Fruchtbildung, nicht bestäubt = 33%	→ 203 gefüllte Samen → 134 gefüllte Samen → 51 gefüllte Samen
KAZIEV und SEIDOVA (1965)	Durchschnittliches Gewicht der Frucht durch Bienen um 44% gesteigert	
STEINHAUER (1971)	Missbildungen der Früchte von 28% auf 7% verringert	
KNYSH (1958)	Entwicklungsfähigkeit des Pollens: 38% bei 250m Distanz zum Bienenstand 18% bei 500m Distanz zum Bienenstand	

Empfohlene Bienendichte:

Empfehlungen variieren von „ein paar Kolonien in oder nahe dem Feld“ über eine Kolonie pro 4ha bis zu einer starken Kolonie pro 0,4ha. (Anonym, 1959; Alex, 1959; Conner, 1969; Conner und Martin, 1969a,b; Davis und Hall, 1958; Eckert, 1959; Martin, 1970; Peto, 1951; Seyman *et al.*, 1969; Sims und Zahara, 1968; Steinhauer, 1970, 1971; Warren, 1961, 1967) Hughes (1971) empfiehlt 30 bis 40 Bienen innerhalb eines 5m Radius. Die Universität von Arizona (1970) empfiehlt eine Biene pro 100 Blüten.

Davis *et al.* (1970) wiesen darauf hin, dass Honigbienen effektiver waren, wenn sie nach Blühbeginn zum Gurkenfeld gebracht wurden. Auch Martin (1970) beobachtete gesteigerten Ertrag und bessere Fruchtform durch verzögerte Bestäubung.

Die Farbe der Pollenhöschen ist gelb-orange. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus* L.):

Das Wort Heidelbeere ist im täglichen Sprachgebrauch eingeeignet auf die Art *Vaccinium myrtillus*, die auch unter den Namen Blaubeere oder Schwarzbeere bekannt ist. Es ist ein etwa 50 cm hoher, stark verzweigter Strauch mit

weitkriechender Grundachse und sommergrünen Laubblättern, die sich im Herbst rötlich verfärben. Die Blaubeere ist auf etwas feuchten, sauren Böden der alpinen Stufe in nicht zu schattigen Wäldern und in den Zwergstrauchheiden, zusammen mit der Rostblättrigen Alpenrose, verbreitet, doch in noch viel ausgedehnteren Beständen in den Kiefernwäldern und Heiden in Süd- und Norddeutschland, England, Polen und den skandinavischen Ländern. (Maurizio, 1994)

Der Fruchtansatz ist in den Hochalpen oft sehr spärlich, in den Tälern der Südalpen sowie in der Ebene aber reichlich. Die Blaubeeren sind in den Alpen sehr wichtig als Bodenfestiger, verschlechtern aber durch Rohhumusbildung die Gebiete, die als Weide dienen könnten. Sie sind frostempfindlich und auf eine Schneedecke angewiesen. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Der Blütenstand der Heidelbeere ist normalerweise eine Traube. (McGregor, 1976); die jeweiligen Heidelbeerblüten sind zwittrig. (Aras *et al.*, 1996)

Die rosa-weißen Kronblätter der Blüte formen eine 0,6 bis 1,3 cm lange Korolla, die hängend nach unten gerichtet ist. (Delaplane, 2000) Nach erfolgter Bestäubung ist diese nach oben gerichtet. (Oldershaw, 1970)

Es befinden sich zwischen acht und zehn Staubblätter an der Basis der Blütenkrone, die den langen Griffel umschließen, der selbst über die Antheren hinweg bis zur Öffnung der Korolla reicht. Der Griffel kann nur an der Narbe Pollen aufnehmen. Am Ende jeder Anthere ist eine Pore, über die Pollen abgegeben wird, während die Narbe aufnahmebereit ist. (Delaplane, 2000) Die Empfänglichkeit der Narbe dauert 5 bis 8 Tage an. (Merrill, 1936; Moore, 1964 und Wood, 1962); wird sie jedoch nicht innerhalb von drei Tagen nach Öffnung der Blüte bestäubt, so ist eine Fruchtbildung unwahrscheinlich. (Chandler und Mason, 1935)

Bei erfolgter Bestäubung verliert die Blüte an Attraktivität und die Entwicklung des Ovariums beginnt. (McGregor, 1976)

Sobald die Samenanlage erfolgreich befruchtet ist entsteht 2 bis 3 Monate später eine Beere, die bis zu 65 kleine Samen enthält. (Delaplane, 2000) Mit der Anzahl an Samen steigt auch die Größe der Beere. (Eaton, 1967; Brewer und Dobson, 1969a,b)

Nektar wird an der Basis der Blütenkrone produziert. (Delaplane, 2000) Sowohl Nektar als auch Pollen sind für Bienen attraktiv, obwohl einige Kulturen attraktiver sind als andere. (Brewer, 1970; Wood *et al.*, 1967)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Abhängig von der Sorte sind Heidelbeeren sowohl selbstfertil als auch –steril. Alle Variationen profitieren von einer hohen Anzahl an befruchteten Samen pro Beere, was neben dem Fruchtansatz auch die Fruchtgröße verbessert und zusätzlich den Reifungsprozess beschleunigt. Demnach ist die Bienenaktivität zum Transportieren von Pollen zu den Narben wichtig, selbst bei den selbstfertilen Sorten. (Delaplane, 2000)

Aalders und Hall (1961) und Wood (1968) beobachteten eine beachtliche Selbststerilität und manchmal auch eine Fremdsterilität bei der „Lowbush“ Heidelbeere. 5% der „Lowbush“-Pflanzen waren männlich-steril und 45% produzierten wenig bis keinen Pollen.

Vacc. arboreum und Vacc. darrowi weisen eine sehr geringe Selbstfruchtbarkeit und Selbstfertilität auf. (Brooks und Lyrene, 1998)

Bei so viel Selbststerilität und Pollenknappheit ist es augenscheinlich, dass freier Pollentransfer zwischen den

Pflanzen für eine maximale Fruchtbildung essentiell ist. (Aalders und Hall, 1961; Wood, 1968)

Frühe Studien zeigten, dass die Bestäubung durch Insekten beeinflusst wurde. (Coville, 1910) Später (1921) beobachtete Coville, dass es durch Selbstbestäubung zu kleineren und später gereiften Beeren kam verglichen mit Fremdbestäubung, und manche Pflanzen komplett steril gegenüber eigenem Pollen waren.

Insektenbestäubung ist somit essentiell für eine maximale Heidelbeerproduktion. Ein Ausbleiben eines guten Ertrags ist häufig das Resultat geringer Bestäubung. (Filmer und Marucci, 1963) Bei adäquater Fremdbestäubung produzierten die Pflanzen mehr und größere Früchte, zudem erfolgte eine frühere Ausbildung. (McGregor, 1976)

Howell *et al.* (1970, 1972) käfigten Bienen mit Heidelbeeren, welche sich zu 0%, 25%, 50% und 100% in der Blüte befanden. Spätestens bei einem Wert von 25% müssen Bienen anwesend sein, um einen maximalen Ertrag zu sichern.

Die Morphologie der Blüte jedoch erschwert den Bienen, auch Honigbienen, das Bestäuben. Speziell die lange, enge Blütenkrone und die große Distanz zwischen Antheren und Narbe erschweren eine Bestäubung. Jedoch wird bei kleinstem Druck schon Pollen abgegeben, was es letztlich auch Bienen ermöglicht, Pollen zu transportieren; vorausgesetzt sie fliegen die Blüte zum Zeitpunkt des Öffnens an. Somit sind Bienen sehr wohl in der Lage, Heidelbeeren zu bestäuben, solange sie die Pflanze in ausreichender Zahl und Regelmäßigkeit besuchen. (McGregor, 1976; Delaplane, 2000)

Bei Feldern mit durchschnittlich 1,7 Bienenvölkern pro Hektar kann eine Ertragssteigerung von bis zu 54% erzielt werden gegenüber Feldern ohne Bienenvölker. (Lomond und Larson, 1983) In Japan kam es bei einigen Sorten durch Fremdbestäubung zu gesteigertem Fruchtansatz (durchschnittlich 31%) und größeren Früchten (durchschnittlich 69%) gegenüber einer Selbstbestäubung, was die Verwendung von Bienen zum Erreichen maximaler Erträge notwendig macht. (Tamada *et al.*, 1977)

Boulanger (1966) verglich die Heidelbeerproduktion von Feldern, bei denen die Kolonien zwischen den jeweiligen Flächen alle paar Tage rotiert wurden, mit jenen Feldern, welche über stationäre Kolonien verfügten. Den Feldern wurden 3,5, 4,5, 7,9 und 10 Kolonien pro 0,4ha beigestellt. Die Produktion variierte beachtlich zwischen den Feldern und Jahren und auch zwischen den einzelnen Behandlungen. Den höchsten Ertrag, 80 Einheiten/0,4ha, erbrachte ein Feld mit 10 stationären Kolonien pro 0,4ha. Nichtsdestotrotz schloss er, dass das Rotieren der Völker den Erwartungen gerecht wurde und eine praktikable Bewirtschaftung für die Zukunft darstelle.

Auch Karmo (1961) zeigte, dass das Rotieren von Kolonien zwischen verschiedenen Feldern die Heidelbeerproduktion erhöhte. Er (1972) empfiehlt, dass Bienen für 4 bis 5 Tage, während des Höhepunkts der Blüte, auf dem Feld belassen und anschließend auf ein später blühendes Feld verbracht werden sollten, um eine höhere Effizienz zu erzielen.

Sharp (1970) berichtete ebenfalls von einer erhöhter Bestäubungsleistung durch Rotieren der Bienenkolonien.

Käfigversuche von Bigras-Huot (1972) haben gezeigt, dass die Hummel für die Heidelbeere der wesentlich effektivere Bestäuber ist. Während Bienen den Fruchtansatz um 21-28% steigerten, kamen Hummeln bei diesem

Versuch auf einen Wert von 74%. In Massachusetts wurden mehr Hummeln (46%) als Honigbienen (38%) auf Heidelbeerblüten beobachtet. (Beckman und Tannenbaum, 1939) In Michigan wurde beiden ebenfalls eine wichtige Rolle zugeschrieben, die Hummel jedoch als Primärbestäuber angesehen. (Merrill, 1936)

Eaton und Stewart (1969b) und Oldershaw (1970) wiesen auf die Tatsache hin, dass Hummeln oftmals ein Loch in die Basis der Korolla schneiden und so an den Nektar gelangen, ohne dass eine Bestäubung erfolgt. Honigbienen verwenden dann diese vorgeschrittenen Löcher, so dass auch ihre Bestäubungsleistung reduziert ist.

In Zeltversuchen des Bieneninstitutes Celle, in denen verschiedene Bestäuber an Heidelbeeren getestet wurden, konnten Kubersky und Boecking (/) zeigen, dass Honigbienen durchaus gute Bestäuber dieser Blüten sind. Unter den Zeltbedingungen fielen die Erträge von Honigbienen-bestäubten Pflanzen meist sogar besser aus als von solchen, welche durch Hummeln (*Bombus terrestris*) oder Mauerbienen (*Osmia bicornis* = *Osmia rufa* bzw. *Osmia cornuta*) bestäubt wurden. Allerdings hängt dieser Effekt stark von der jeweiligen Heidelbeersorte ab. Bei der Sorte „Bluecrop“ beispielsweise hat sich in ihren Versuchen der Einsatz von Honigbienen durchaus bewährt. Die Erträge lagen um fast 65% höher als in der Hummelvariante und waren 5-mal höher als in der Variante ohne Bestäuber (Kontrollvariante). Bei der Sorte „Heerma“ lagen die Erträge in der Honigbienen-Variante dreifach über denen der Variante ohne Bestäuber, aber auch die Mauerbienenart *Osmia cornuta* schnitt nicht schlecht ab. Diese Bienen „erflogen“ einen immerhin noch doppelt so großen Ertrag wie er in der Variante ohne Bestäuber erzielt wurde. Letztlich kann aufgrund des Sorteneinflusses, des Einfluss' der örtlichen Begebenheiten und der unterschiedlichen Leistung der verschiedenen Bestäuber keine generelle Regel abgeleitet werden, welcher Bestäuber „der Beste“ ist.

60-80% der Blüten müssen Früchte bilden, um einen kommerziell wertvollen Ertrag zu erzielen. (Eck, 1988) Fremdbestäubung ist eine Voraussetzung für eine gute Heidelbeerproduktion (Bailey, 1937; Beckwith, 1931; Lee, 1958; Phipps, 1930; Phipps *et al.*, 1932; Shaw und Bailey, 1937; Schaub und Bauer, 1942 und Shaw *et al.*, 1939) und 85% der Fruchtbildung und des Ertrags sind abhängig von der Bestäubung durch Insekten. (Aras *et al.*, 1996)

Demnach kann der Heidelbeerertrag durch einen Mangel an Honigbienen limitiert sein. (Hergert, 1994) Der größte Nutzen tritt ein, wenn eine ausreichende Menge an Bestäubern, welche den Pollen verteilen, vorhanden ist. (Hall und Aalders, 1961)

Pflanzenhormone (z.B.: Gibberellinsäure) wurden bei *Vaccinium ashei* verwendet, um die Fruchtbildung und den Ertrag zu steigern. Bei optimalen Bedingungen konnten keine nachteiligen Auswirkungen der Gibberellinsäureanwendung bezüglich Fruchtbildung, Fruchtgröße oder Fruchtentwicklung festgestellt werden, obwohl Gibberellinsäure die Samenanzahl und Samenmasse reduziert; jedoch scheint sie die Fruchtbildung bei suboptimalen Bestäubungsbedingungen zu erhöhen. (Canomedrano und Darnell, 1998)

Erhöhte Anzahl von Bienenanflügen verkürzte die Zeit der Fruchtentwicklung von 58 Tagen (0 bis 1 Bienenanflug/Blüte) auf 53 Tage (unlimitierte Bienenanflüge/Blüte) bei der „Southern highbush blueberry cv Gulfcoast“ (ein Hybride: 75% *Vacc. corymbosum*, 25% *Vacc. darrowi*). Das Gewicht der Beeren stieg um 28%, von 1,38g/Beere (0 bis 1 Bienenanflug/Blüte) auf 1,77g/Beere (unlimitierte Bienenanflüge/Blüte). Die

Zuckerkonzentration sank bei zunehmenden Bienenbeflug, von 13% (kein Bienenbeflug) auf 11,3% (mehr als 5 Bienenanflüge). Die Samenanzahl pro Beere stieg auf das Doppelte, von 18 Samen/Frucht (0 bis 5 Bienenanflüge) auf 40 Samen/Frucht (unlimitierter Bienenbeflug). Bei der Honigbiene müssen mehr als 5 Bienenanflüge pro Blüte erfolgen um einen Bestäubungsnutzen erkennen zu können. (Danka et al., 1993)

Darrow und Moore (1966) sind der Meinung, dass Wildbienen im Allgemeinen für die Bestäubung inadäquat seien und mit 1 bis 5 Kolonien Honigbienen pro 0,4ha unterstützt werden sollten. Wildlebende Bienen können zwar für eine Bestäubung sorgen, jedoch sollte man sich nicht darauf verlassen, da bei großen Anbauflächen eine zu geringe Anzahl an wilden Bienen vorhanden ist. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Danka et al. (1993) berichteten, dass *Apis mellifera* der am wenigsten effektive Bestäuber war verglichen mit *Osmia atriventris* und *Megachile rotundata*.

Die durchschnittliche Anzahl der Pollentetraden, welche auf die „highbush“ Heidelbeerblüte abgelagert wurden, betrug bei *Apis mellifera* 0, bei *Megachile rotundata* 10,3 und bei *Osmia atriventris* 14,2, während der Wert bei keinem Bienenbeflug bei 0,7 lag, vermutlich durch Windübertragung. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Heidelbeeren:

AUTOR JAHR	ERTRAGS- AUSWIRKUNGEN	WEITERE AUSWIRKUNGEN
LOMOND und LARSON (1983)	1,7 Bienenvölker/ha = 54% Ertragssteigerung	
TAMADA et al. (1977)	Durchschnittlich 31% gesteigerter Fruchtansatz	69% größere Früchte
BIGRAS-HUOT (1972)	21-28% gesteigerter Fruchtansatz (Bienen) 74% gesteigerter Fruchtansatz (Hummeln)	
DANKA et al. (1993)	„Southern Highbush Blueberry cv Gulfcoast“ Zeit d. Fruchtentwicklung um 5 Tage verkürzt Beerengewicht stieg um 28%; von 1,38g auf 1,77g Samenanzahl stieg auf das 2fache; von 18 auf 40	
KUBERSKY und BOECKING (/)	5x mehr Ertrag durch Honigbienen bei der Sorte „Bluecrop“ verglichen mit Flächen ohne Insekten	
KUBERSKY und BOECKING (/)	3x mehr Ertrag durch Honigbienen bei der Sorte „Heerma“ verglichen mit Flächen ohne Insekten	
BREWER et al. (1969b)	Keine Kolonie: 4,9 kg Beeren mit → 2 Kolonien/0,4ha: 9,0 kg Beeren mit → 5 Kolonien/0,4ha: 10,4 kg Beeren mit →	4,9 Samen/Beere 23 Samen/Beere 28 Samen/Beere

Empfohlene Bienendichte:

Die Anzahl an empfohlenen Kolonien variiert und es fehlt an aussagekräftiger, unterstützender Data. Brewer et al. (1969b) verglichen Fruchtproduktion und Samen pro Beere mit der Anzahl an Kolonien. Sie beobachteten 4,9 kg Beeren mit 4,9 Samen pro Beere bei Flächen ohne Bienen; 9 kg Beeren mit 23 Samen/Beere mit zwei Kolonien pro 0,4ha und 10,4 kg mit 28 Samen/Beere bei Flächen mit fünf Kolonien pro 0,4ha. Sie empfehlen geringfügig mehr als zwei starke Kolonien als adäquate Dichte für Bestäubung pro 0,4ha.

Marucci (1966) empfiehlt eine Kolonie pro 0,8ha bei sehr attraktiven Kulturen, eine Kolonie pro 0,4ha bei „Weymouth“ und zwei Kolonien pro 0,4ha bei wenig attraktiven Kulturen wie „Coville“ und „Earliblue“; Darrow und Moore (1966) empfehlen 1 bis 5 starke Kolonien pro 0,4ha.

Lyrene und Crocker (1994) in Florida legen 5 bis 10 Bienenstöcke pro Hektar nahe, Flottum (1998) in Kanada rät zu 10,5 Bienenstöcken/ha.

Die durchschnittliche Anzahl an nahrungssuchenden Bienen von 500 Bienenstöcken (ca. 30 000 Bienen/Stock) sank nach einer Entfernung von 3 km in einem „lowbush“ Heidelbeerfeld signifikant. (Aras *et al.*, 1996) Die Fruchtbildung und der Ertrag nehmen generell mit steigender Distanz ab. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Empfohlene Bienendichte für Heidelbeeren (Delaplane, 2000):

<i>Bienenstöcke/ha</i>	<i>Autoren</i>
2,5; 12; 25	McGregor (1976)
5-12	McCutcheon (1983)
2,5	Krewer <i>et al.</i> (1986)
7,4-10	Levin (1986)
5	Kevan (1986)
1,2; 2; 5	Free (1993)
10	Williams (1994)
2,5-10	Scott-Dupree <i>et al.</i> (1995)
7,5	Durchschnitt
<i>Andere Bienen</i>	
741 <i>O. ribifloris</i> Weibchen/ha	Torchio (1990b)
1-4 Hummeln od. Südöstliche Blaubeerbienen pro Busch	Cane (1993)
49 420 alfalfa Blattschneiderbienen/ha	Stubbs und Drummond (1997)

Die Farbe der Pollenhöschen ist gelb. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Himbeere (*Rubus idaeus* L.):

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Himbeeren sind Halbsträucher, d.h., die Schösslinge tragen im zweiten Jahr Blüten und sterben dann ab. Ihr Wuchs ist aufrecht, nur zuletzt überhängend, die Vermehrung erfolgt durch Wurzelbrut aus dem ausdauernden Wurzelstock. Die Blätter der Himbeeren sind gefiedert, Blattstiel und -rippen sind behaart, die Endblättchen langgestielt. (Maurizio, 1994)

Die Himbeerblüten sind großteils zweigeschlechtlich (Eaton *et al.*, 1968) und selbstfertil. (www.agric.wa.gov.au, 2010) Sie besitzen 5-12 Kronblätter, circa 90 Staubblätter und rund 90 Griffel mit jeweils einer Samenanlage. (Redalen, 1980; Jennings, 1988) Beim Öffnen der Blüte beugen sich die unreifen Antheren über die ebenfalls noch unreifen Griffel, kurze Zeit später biegen sich die äußeren Staubblätter von den Griffeln weg und setzen Pollen frei. Die Antheren reifen und geben den Pollen vom Rand der Blüte nach Innen ab, während die Griffel wachsen und die empfangsbereiten Narben hervortreten. Nur die innersten Antheren haben die Möglichkeit wiederum nur die äußersten Narben zu berühren, was Selbstbestäubung zur Folge hat. Bei der Himbeere ist sowohl Fremd- als auch Selbstbestäubung bei ein und derselben Blüte möglich. (Delaplane, 2000)

Die Kronblätter beginnen am Tag nach der Öffnung der Blüte abzufallen. Eine Pflanze kann in verschiedenen Stadien der Blüte sein und das für ein bis drei Wochen. (Delaplane, 2000)

Die mittlere Nektarabsonderung je Blüte und 24 Stunden beträgt bei der Himbeere 17-22mg (Extreme 1,4-67 mg). Der Zuckergehalt liegt zwischen 24 und 42% (Extreme 21-70%), der Zuckerwert beträgt 3-7 mg (Extreme 0,2-15,7 mg). Der Honigwert reiner Himbeerbestände wird auf 117-122 kg/ha (Maurizio, 1969), 100-160 kg/ha Honig (Gulyás, 1984) bzw. 238 kg (Szklanowska und Wieniarska, 1985) geschätzt.

Bei der Himbeere wurden beträchtliche Unterschiede der Nektarsekretion und des Zuckerwerts zwischen verschiedenen Kultursorten und, am gleichen Strauch, zwischen jungen und älteren Blüten gefunden. (Maurizio, 1969) Himbeernektar enthält fast ausschließlich Fruktose und Glukose (zusammen bis 98 % des Gesamtzuckers). Saccharose kommt knapp messbar vor (im Mittel 1,5 %, Verh. Fr/Gl = 1,0; Verh. S/Fr+Gl = 0,05). (Maurizio, 1994)

In Bulgarien belief sich die Nektarproduktion auf 16 bis 20 mg pro Blüte bei zwei unterschiedlichen Sorten. Der Zuckergehalt betrug 47% bis 49% und der berechnete Honigertrag war 116 kg bzw. 59 kg/ha. In Kanada belief sich der Nektarertrag auf 13 Mikroliter pro Blüte. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

In Indien produzierten die Blüten der Sorte *Rubus ellipticus* mehr Zucker im Nektar zwischen 11 Uhr und 13 Uhr, der durchschnittliche Zuckergehalt war 32,6%. Honigbienen sammelten 68% des Nektars während des Tages. (Thakur *et al.*, 1992) Die höchste Bienenaktivität findet zwischen 10 und 16 Uhr statt. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Die Farbe des Pollens ist gräulich-weiß. Sechs verschiedene Sorten zeigten eine Pollenmenge von 7 bis 17,8 mg pro 10 Blüten. (Szklanowska und Kazimiera, 1991)

Die Wetterbedingungen haben einen großen Einfluss auf den Pollenertrag. Die Pollenquantität ist hoch zwischen Blühbeginn und vollentwickelter Blüte (12 bis 15,3 mg/10 Blüten), jedoch rückläufig gegen Ende der Blühzeit (9,5 bis 11,9 mg/10 Blüten). (Szklanowska und Kazimiera, 1991) *Rubus* – Pollen gehören zu den stickstoffreichen Pollenarten (Stickstoffgehalt 4,6%). (Maurizio, 1994)

Die Himbeere bietet ein reichhaltiges Angebot an Nektar und Pollen für Bienen und andere Insekten. (Delaplane, 2000)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Himbeeren sind in erster Linie selbstfertil, ihre Blüten hingegen geben die Möglichkeit zur Fremdbestäubung. Abhängig von der Sorte kann Fremdbestäubung mit dem Pollen von einer anderen Sorte zu einer besseren Entwicklung des Fruchtwebes führen, was die Bildung einer größeren Frucht zur Folge hat. (Colbert und DeOliviera, 1990)

Bienen helfen dabei den Pollen gleichmäßig auf allen Narben der Blüte zu verteilen, was ebenfalls eine Steigerung von Größe und Form der Frucht mit sich bringt, sogar bei selbstfertilen Sorten. (Kühn, 1987)

Da die Himbeere eine Sammelfrucht ist sind mehrere Bienenanflüge notwendig, damit alle Ovarien adäquat bestäubt werden. (Delaplane, 2000)

Couston (1963, 1966) verglich Pflanzen, welche ohne Insekten gekäfigt wurden, mit jenen, welche

Insektenbestäubung erhielten. Früchte entwickelten sich bei beiden Behandlungen, jedoch waren die Früchte bei den gekäfigten Pflanzen klein (halb so groß wie bei offenen Pflanzen) und die Menge an produzierten Früchten gering (ein Drittel weniger), so dass sich eine kommerzielle Ernte nicht rechnete. Bei Käfigung der „Malling Jewel“ produzierte sie fast keine Beeren; Pflanzen jedoch, welche mit einer Bienenkolonie gekäfigt wurden, bildeten mehr Früchte als offen stehende Pflanzen. Couston schloss daraus, dass die Himbeere ausschließlich von der Honigbiene bestäubt werden kann, ohne weitere Insekten, wenn notwendig.

Shanks (1969) käfigte Himbeerpflanzen, mit und ohne Bienenkolonien. In der Abwesenheit von Bienen kam es zu 71% bis 82% weniger Steinfrüchtchen und Wind war kein Faktor bei der Bestäubung. Er erachtete die Honigbiene als primären Bestäuber in Washington.

Das Gewicht der Beeren nach Bestäubung durch Honigbienen betrug über einen Zeitraum von zwei Jahren 1,92g bzw. 3,11g, während sich das Gewicht von gekäfigten Beeren (keine Bienen) auf 1,72g bzw. 2,28g belief. Die Anzahl der Fruchtbildungen sank von 66 Stk. (mit Bienen) auf 39 Stk. (ohne Bienen). (Shanks, 1969)

In Kanada betrug das durchschnittliche Gewicht von Himbeeren, die durch Bienen bestäubt wurden, 3,16g und 3,27g, während in der von Bienen isolierten Kontrollkultur das Durchschnittsgewicht der Beeren bei 2,04g lag; ein Rückgang um 35% bzw. 38%. Bei der Anzahl der Beeren lag der Wert bei 78,7 und 71,3 Stk., die Kontrollkultur kam auf 50,4 Stk., eine Abnahme um 36% bzw. 29%. (DeOliveira *et al.*, 1991)

Eaton *et al.* (1968) zeigten in einem Versuch den Nutzen multipler Bienenanflüge in Bezug auf Anzahl und Größe der Himbeere. (siehe Tabelle) Sie entfernten die Antheren, brachten unterschiedlich viel Pollen auf den Narben auf und schrieben ihre Ergebnisse nieder.

Fruchtbildung und -größe	BEHANDLUNG				
	1	2	3	4	5
Anzahl der Fruchtbildung bei 5 Blüten	1	2.7	2.8	3.8	4.2
Anzahl der Steinfrüchtchen pro Frucht	5.3	21.5	35	38.3	40

- 1= kein Pollen auf die Narbe
- 2= Pollen 1x aufgebracht, gleich nach Entfernen der Antheren
- 3= wie 2, Pollen am folgenden Tag nochmals aufgebracht
- 4= wie 3, Pollen wurde am 3. Tag nochmals aufgebracht
- 5= wie 4, Pollen wurde am 4. Tag nochmals aufgebracht

Die Ergebnisse zeigen, dass für die maximale Anzahl an Beeren mit den meisten Steinfrüchtchen jede Blüte zumindest für vier Tage wiederholt von Bienen besucht werden sollte.

Lediglich 16% bis 70% der Blüten produzieren Beeren, wenn Insekten ausgeschlossen wurden; verglichen mit 64% bis 98% Fruchtbildung bei Bestäubung durch Insekten. (Johnston, 1929) Bei Abwesenheit von Honigbienen kann der Saatgutertrag um 70% bis 80% fallen. (www.agric.wa.gov.au, 2010) Durch den Ausschluss der Honigbiene als Bestäuber war ein jährlicher Rückgang von 1,5 kg bis 4,7 kg pro 15m² oder eine Reduktion des Ertrags um 26% bis 42% pro Hektar zu verzeichnen, abhängig von der jeweiligen Sorte. (Szklanowska und Wieniarska, 1993)

Honigbienen sind mit einem Wert von über 90% der Hauptbestäuber. (www.agric.wa.gov.au, 2010) Auf Grund des beiderseitigen Nutzens von Bienen und Himbeere sollte diesen Insekten als Bestäuber größtmögliche Aufmerksamkeit geschenkt werden. (McGregor, 1976)

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)Anzahl der Früchte und Gewicht war signifikant höher wenn die Pflanzen von Honigbienen bestäubt wurden ($p < 0,0001$ bzw. $p < 0,05$). (DeOliveira *et al.*, 1991)

-)Bedeutende positive Wechselbeziehung zwischen Anflügen von Honigbienen und Fruchtgewicht ($p < 0,005$). (DeOliveira *et al.*, 1991)

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Himbeeren:

AUTOR JAHR	ERTRAGS-AUSWIRKUNGEN	WEITERE AUSWIRKUNGEN
COUSTON (1963, 1966)	Doppelte Fruchtmenge	Doppelte Fruchtgröße
SHANKS (1969)	Ohne Bienen 71-82% weniger Steinfrüchtchen	
SHANKS (1969)	1,92g bzw. 3,11g/Beere (mit Bienen) 1,72g bzw. 2,28g/Beere (ohne Bienen)	Fruchttanzahl sank ohne Bienen von 66 Stk. auf 39 Stk.
DeOLIVEIRA <i>et al.</i> (1991)	3,16g bzw. 3,27g/Beere (mit Bienen) 2,04g/Beere (ohne Bienen) Rückgang um 35 bzw. 38%	Fruchttanzahl sank ohne Bienen von 78,7 bzw. 71,3 Stk. auf 50,4 Stk. Rückgang um 36 bzw. 29%
JOHNSTON (1929)	16-70% Fruchtbildung ohne Insekten 64-98% Fruchtbildung mit Insekten	
www.agric.wa.gov.au (2010)	70-80% verminderter Samenertrag ohne Bienen.	
SZKLANOWSKA und WIENIARSKA (1993)	Jährlicher Rückgang des Ertrags um 26-42%/ha ohne Bienen	

Empfohlene Bienendichte:

Die Zahl der benötigten Kolonien pro Hektar ist abhängig von der Anbaufläche, konkurrierender Tracht, Koloniestärke und vielen anderen Faktoren. Die Wichtigkeit und der Wert der Biene ist so immens, dass mehrere Kolonien pro Hektar gerechtfertigt wären. (McGregor, 1976)

1 bis 7 Bienenstöcke pro Hektar werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Hooper (1913) empfiehlt eine Kolonie pro 0,8ha.

Empfohlene Bienendichte für Himbeeren (Delaplane, 2000):

Bienenstöcke/ha	Autoren
0,5-2	Yakovleva (1975)
>2,5	McGregor (1976)
>2,5	Scott-Dupree <i>et al.</i> (1995)
2	Durchschnitt
Andere Parameter	
1 Honigbiene pro 100 geöffneten Blüten	McGregor (1976)
5-6 Bienenanflüge pro Blüte	Chagnon <i>et al.</i> (1991)

Die Farbe der Pollenhöschen ist grau-weiß. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Karotte [Möhre] (*Daucus carota* L.):

Die Kulturmöhren stammen von purpurfarbigen und blassgelben Formen aus Afghanistan ab. Sie traten im 12. Jahrhundert erstmals in Spanien auf und sind seit dem 14. Jahrhundert in Mitteleuropa bekannt. Die orangegelbe Karotte mit dem jetzt so geschätzten Karotingehalt kennt man erst seit dem 17. Jahrhundert, wo sie in Holland zum ersten Mal ausgelesen werden konnte. Wegen ihrer guten ernährungsbiologischen Eigenschaften, ihrer guten Lager- und Konservierungseigenschaften hat sie wesentliche Bedeutung erlangt. (Maurizio, 1994)

Die Karotte wird in einer groben, ertragreichen Form auch als Viehfutter angebaut, da sie vor allem reicher ist an verdaulichem Eiweiß und Zucker als Runkel- und Kohlrübe. Die Karotte braucht leichte bis mittlere Böden, die neutral bis schwach alkalisch sind. Wichtig für sie ist genügend Feuchtigkeit zu Beginn des Wachstums. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Karotte ist eine zweijährige Pflanze, was bedeutet, dass sie eine Kälteperiode durchlaufen muss, bevor sie Blüten und Samen produziert. Der schirmförmige Blütenstand der Karotte ist eine Dolde. Die erste Dolde, auch Primärdolde genannt, bildet sich am oberen Ende der Pflanze, gefolgt von drei weiteren Dolden. Auf Grund der Entwicklungseigenschaften der Karotte haben die Pflanzen Blüten und Samen von verschiedenen Reifegraden für 6-8 Wochen während des Sommers. (Delaplane, 2000) Die Primärdolde sowie die vierte Dolde sind von geringer Bedeutung für die Saatgutproduktion. (Borthwick, 1931)

Karotten blühen für etwa einen Monat, die einzelne Dolde hat eine Blühdauer von circa sieben Tagen. Die weiße Einzelblüte besitzt fünf Staubblätter und zwei Griffel, die zu zwei Kammern innerhalb der Samenanlage führen. Beide Kammern enthalten jeweils eine weibliche Samenzelle. Die Antheren der Einzelblüte geben für die Dauer von ein bis zwei Tagen Pollen ab, am dritten und vierten Tag werden die Narben aufnahmebereit und verbleiben in diesem Zustand für eine Woche oder länger. (Delaplane, 2000)

Die Karotte wird von vielen verschiedenen Insekten als Nektar- und Pollenquelle genutzt. (Delaplane, 2000) Der Zuckeranteil im Nektar reicht von 32% bis 55%. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Die meisten Sorten der Karotte benötigen Pollen von anderen Karottenpflanzen, obwohl ein kleiner Teil auch mit eigenem Pollen Samen produzieren kann. (McGregor, 1976; Free, 1993) Laut Slate (1927) war das bei 15% der Pflanzen der Fall.

Um die zwei Ovule der Blüte zu bestäuben sind lediglich zwei Pollenkörner notwendig, und auch ohne bestäubende Insekten findet ein Pollentransfer statt. (Paci, 1956; Pankratova, 1957 und Hawthorn *et al.*, 1960) Insekten als Bestäuber erhöhen jedoch den Ertrag und beschleunigen zusätzlich auch den Reifeprozess. (McGregor, 1976; Free, 1993)

Durch Bienenaktivität kam es zu weniger der ungewünschten, großen Samen; zudem reiften sie schneller und keimten besser als Samen, welche unter geringer Bestäuberdichte produziert wurden. Sowohl Qualität als auch Quantität wird durch eine hohe Anzahl an Bestäubern verbessert. (McGregor, 1976)

Genauere Studien der Karottenbestäubung wurden von Hawthorn *et al.* (1960) durchgeführt. Sie verglichen die Produktion von offenen Flächen mit der von gekäfigten Flächen und zeigten damit, dass Bestäubung durch

Insekten für die kommerzielle Saatgutproduktion essentiell ist. In Käfigen ohne Insekten verzeichneten sie durchschnittlich 58,06kg Samen pro 0,4ha; bei gekäfigten Pflanzen, welche von winzigen Insekten besucht wurden, kamen sie auf 205,48kg/0,4ha. Offene Flächen produzierten 322,5kg/0,4ha und mit Bienen gekäfigte Pflanzen sogar 381,02kg Samen pro 0,4ha.

Hybridsorten der Karotte werden auf Grund ihrer gleichmäßigen, glatten und farbigen Eigenschaften geschätzt. Hybride benötigen allerdings Pollenspender für die Bestäubung der Narben der selektierten weiblichen Pflanzen. Die Honigbiene ist, zusammen mit der Wildbiene, der wichtigste Bestäuber für die Karotte. Jedoch ist es abhängig von der Sorte und vom Geschlecht der Pflanze, ob und wie zufriedenstellend diese von Bienen angefliegen wird. Es hat sich gezeigt, dass pollenspendende männliche den weiblichen Pflanzen vorgezogen werden. Honigbienen bestäuben Karotten zwar effektiv, aber sie wechseln schnell zu attraktiveren Pflanzen mit einem reichhaltigeren Angebot an Nektar und Pollen. (Delaplane, 2000)

Nichtsdestotrotz sind Honigbienen die verlässlichsten Bestäuber der Karotte. (Pankratova, 1957)

Bei Versuchen mit Schmeißfliegen hat sich gezeigt, dass die Pflanzen mit Fliegen einen guten Samenertrag lieferten, während jene ohne Fliegen geringere Mengen bzw. gar keine Samen produzierten. Zudem verliert der Pollen sehr bald seine Keimfähigkeit, obwohl nicht alle Blüten der Dolden sich zur gleichen Zeit öffnen. Die Antheren der sich zuletzt öffnenden Blüten verwelken und fallen ab noch bevor die Narben der sich zuerst öffnenden empfängsbereit sind. (Borthwick und Emsweller, 1933; Delaplane, 2000)

Bei Versuchen mit Honigbienen zeigte sich ein deutlicher Unterschied betreffend Samenertrag und -keimfähigkeit. Das Ergebnis bei Flächen mit Bienen betrug 864 kg/ha mit einer Keimfähigkeit von 96%, gegenüber 367 kg/ha und einer Keimfähigkeit von 88% bei Flächen ohne Bienen. Bei komplett insektenfreien Flächen kam man sogar auf einen Wert von nur 112 kg/ha und 67% nutzbarer Samen. (Hawthorn *et al.*, 1956)

In Indien wurde bei Versuchen festgestellt, dass offene Flächen mit Insekten als Bestäuber 2165 Samen pro Pflanze produzieren, während jene Flächen, die insektenfrei gehalten wurden, gerade einmal auf einen Schnitt von 401 Samen pro Pflanze kamen. Zusätzlich waren die Samen der offenen Flächen deutlich schwerer. (Sihag, 1986)

In Bangladesch war das Ergebnis solcher Versuche sogar noch eindeutiger. Dort zeigte sich ein Unterschied von 2396 Samen pro Dolde bei zusätzlicher Insektenbestäubung, gegenüber 160 Samen bei komplett abgeschirmten Flächen. (Alam *et al.*, 1987)

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)9% der Bestäubung erfolgt durch die Honigbiene, 90% erfolgt durch Fliegen.

-)Saatgutertrag bei mit Bienen gekäfigten Pflanzen betrug 864 kg/ha; bei nicht gekäfigten Pflanzen lag der Wert bei 673 kg/ha; bei von Insekten isolierten Pflanzen belief sich der Ertrag auf 112 kg/ha. (USA)

-)Die Entwicklung von männlich-sterilen Linien und die Nutzung von Hybridsorten macht Fremdbestäubung entscheidend für die Saatgutproduktion.

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Karotten:

AUTOR JAHR	ERTRAGS- AUSWIRKUNGEN	WEITERE AUSWIRKUNGEN
HAWTHORN <i>et al.</i> (1960)	58,06 kg Samen/0,4ha (ohne Insekten gekäfigt) 322,5 kg Samen/0,4ha (mit Bienen gekäfigt)	
HAWTHORN <i>et al.</i> (1956)	Mit Bienen: 864 kg/ha → Ohne Bienen: 367 kg/ha → Ohne Insekten: 112 kg/ha →	96% Keimfähigkeit 88% Keimfähigkeit 67% Keimfähigkeit
SIHAG (1986)	2165 Samen/Pflanze (mit Insekten) 401 Samen/Pflanze (ohne Insekten)	Insektenbestäubung resultiert in schwereren Früchten
ALAM <i>et al.</i> (1987)	2396 Samen/Dolde (mit Insekten) 160 Samen/Dolde (ohne Insekten)	

Empfohlene Bienendichte:

Ca. 7 bis 8 Bienenstöcke pro Hektar sind empfehlenswert für die Saatgutproduktion. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Empfohlene Bienendichte für Karotten (Delaplane, 2000):

Bienenstöcke/ha	Autoren
5	Mayer und Lunden (1983)
7,4-10	Levin (1986)
7,5	Durchschnitt
Hybridproduktion	
10-14,8	Mayer und Lunden (1983)
<i>Andere Parameter</i>	
9,6 Honigbienen pro m ²	Hawthorn <i>et al.</i> (1960)
7,2-9,6 Honigbienen pro m ²	Mayer und Lunden (1983)
8,8 pro m²	Durchschnitt

Die Farbe der Pollenhöschen ist grau-weiß. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Kirsche (*Prunus avium L.*, *Prunus cerasus L.*):

Im Jahr 2009 wurden in Österreich 1.163 Tonnen Süßkirschen sowie 185 Tonnen Sauerkirschen (Weichseln) geerntet. (Grüner Bericht, 2010)

Die Ausgangsform unserer Kultursorten ist die Vogelkirsche, sie wächst überall in den Mischlaubwäldern Europas und ist besonders auf kalkhaltigen Boden anzutreffen. Die großen, langlebigen Bäume mit starken, glattrindigen Stämmen tragen hellrote bis schwarze Früchte mit süßlichem bis bitterem Geschmack. Sie wurden seit jeher vom Menschen genutzt, wie Ausgrabungen in steinzeitlichen Siedlungen zeigen. Dort sind wahrscheinlich auch die ersten Kulturformen entstanden. Sie waren den Griechen und Römern bekannt. Im Jahre 74 v. Chr. brachte Lukullus Kultursüßkirschen aus dem Schwarzmeerraum nach Italien, von wo sie sich mit der römischen Kultur ausbreiteten. (Störtzer *et al.*, 1992)

Die größte Süßkirschenproduktion hat trotz jahrzehntelang anhaltenden Rückgangs noch immer Deutschland mit über 150000t Jahresproduktion. Auf dem Markt ist aber die fast gleich hohe italienische Produktion

dominierend, gefolgt von Frankreich und Spanien. Der Anbau in wärmeren Ländern mit frühzeitigem Marktangebot hat also enorme Vorteile im Obsthandel und erschwert die Vermarktung der heimischen Produktion. (Störtzer *et al.*, 1992)

Die in Europa und Vorderasien überall heimische Vogelkirsche, *Prunus avium* var. *avium*, ist die Ausgangsform für die Kultursorten der Süßkirsche. Botanisch gehört die Art zur Sektion *Eucerasus* der Gattung *Prunus*. Sie steht damit in enger Verwandtschaft zur Sauerkirsche, hat aber nur die halbe Anzahl an Chromosomen ($2n = 16$ Chromosomen). (Störtzer *et al.*, 1992)

Bei kaum einer anderen heimischen Obstart sind Höhe und Regelmäßigkeit der Erträge sowie die Gesundheit der Bestände so abhängig von den Standortbedingungen wie bei Süßkirschen. Besonders empfindlich reagieren Süßkirschen auf ungeeignete Bodenverhältnisse, insbesondere Luftarmut und Neigung zu Staunässe. Auch kurzzeitige Vernässung im Frühjahr oder in sommerlichen Regenperioden führt zum Absterben der Wurzeln. (Störtzer *et al.*, 1992)

Günstige Bedingungen bieten leichte Böden, z.B. anlehmgige Sande, die durch Lehmschleier im Untergrund die notwendige Speicherfähigkeit für pflanzenverfügbares Wasser besitzen. Alle sandigen Löß-, Lehm- und Verwitterungsböden können ebenso geeignet sein, wenn die durchwurzelbare Bodenschicht mindestens 1 m mächtig ist, genügend pflanzenverfügbares Wasser speichern kann und der Anteil luftführender Poren (12% bei Feldkapazität) gleichmäßig hoch ist. In Gebieten mit Verwitterungsböden gedeihen Süßkirschen gut auf tiefgründigen Hangschuttböden. (Störtzer *et al.*, 1992)

Im Allgemeinen sind aber folgende klimatische Bedingungen Voraussetzung für hohe Ertragsleistung: warme Witterung, insbesondere nach der Blüte und während der Fruchtentwicklung; geringe Niederschläge im Juni – Juli; geringe Spätfrostgefährdung einer Lage durch Abflußmöglichkeit für Kaltluft und Schutz vor kalten Winden. Süßkirschenanbauggebiete befinden sich daher bevorzugt in windgeschützten mittleren Hanglagen und in Regenschattengebieten, aber auch auf leichten, wärme-klimatisch begünstigten Böden. (Störtzer *et al.*, 1992)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Blüten der Süßkirschen (*Prunus avium*) und Sauerkirschen (*Prunus cerasus*) sind weiß und bilden Büschel von 2-5 Stück. Jede Blüte misst etwa 2,5 cm im Durchmesser und besitzt fünf Kronblätter, einen aufrechten Griffel mit einer Samenanlage, die zwei weibliche Samenzellen enthält und circa 30 Staubblätter. Die Blüte der Kirsche ist für 3-5 Tage geöffnet; die Narben sind aufnahmebereit noch ehe sich die Antheren öffnen und Pollen abgeben. (Delaplane, 2000) Die Antheren selbst beginnen sich kurz nach der Blüte zu öffnen. (Knuth, 1908; Srivastava und Singh, 1970) Nektar wird nahe der Basis des Griffels abgegeben. (Delaplane, 2000; Maurizio, 1969)

Das Wachstum des Pollenschlauchs von der Narbe zum Ovarium steht in Zusammenhang mit der Temperatur. Bei manchen Weichselsorten können niedrige Temperaturen die Wachstumsrate des Pollenschlauchs um fast das Zweifache senken. Die optimale konstante Temperatur für eine Entwicklung des Schlauchs in den Stempel liegt zwischen 15°C und 20°C. Des Weiteren hat die Art der Bestäubung einen Einfluss auf das Wachstum des Pollenschlauchs: Selbst-, Fremd- oder offene Bestäubung mit dem Erbgut der Bestäubersorte. Bei einigen Weichselsorten resultiert Fremdbestäubung in einem beschleunigten Wachstum des Schlauchs verglichen mit

Selbstbestäubung. Bei Kirscharten benötigen die Pollenschläuche 2-3 Tage um die Basis der Narbe zu erreichen und weitere 6-8 Tage um an die Ovarien zu gelangen. (Cerovic *et al.*, 1998a)

Beim Steinobst und hier vor allem bei der Süßkirsche bestehen deutlich größere Befruchtungsprobleme als bei anderen Obstarten. Die Ursachen dafür sind der vergleichsweise frühe Blühtermin und die Blütenbiologie. Im Regelfall herrschen bei einem frühen Blühtermin niedrige Temperaturen und häufig wechselhafte Wetterlagen. Bei nächtlichen Temperaturen um 0°C werden Griffel und Pollenschläuche funktionell gestört oder gar geschädigt. (Feucht *et al.*, 2001)

Ein Volk der Honigbienen verfügt jedoch auch im zeitigen Frühjahr bereits über etwa 10000 Flugbienen, die aber erst bei Temperaturen über 12°C ausfliegen. Bei Wind und Regen werden die Trachtflüge eingeschränkt. Allgemein ist die Honigbiene mit ihrem sprichwörtlichen Fleiß mit einem Anteil von 95% an der Befruchtung der Obstgehölze beteiligt. (Feucht *et al.*, 2001)

Beinahe alle Süßkirscharten benötigen Fremdbestäubung. Dabei sollten Hauptsorte und Bestäubersorte gemischt gesetzt werden, um die Wahrscheinlichkeit einer Fremdbestäubung zu erhöhen. (Delaplane, 2000) Um eine gute Bestäubungsleistung zu erreichen sollte eine maximale Überlappung von vier Tagen, das entspricht 25% Überlappung der Blühperioden, gewährleistet sein. Dasselbe Sortenpaar, welches eine 50% Überlappung der Blühperioden hat, könnte im folgenden Jahr weniger als 1 % Überlappung haben und infolgedessen einen geringen Ertrag produzieren. Es ist daher wichtig, mehr als nur einen Pollenspender in der Plantage zu haben. (Roversi *et al.*, 1998)

Tukey (1925), Free und Spencer-Booth (1964) und viele andere berichteten über eine sinkende Produktivität mit steigender Distanz zur Bestäubersorte bei der Kirsche.

Bei den Sauerkirschen ist eine Fremdbestäubung nicht zwingend notwendig; sie können auch mit ihrem eigenen Pollen eine Frucht bilden. Jedoch kommt es bei Fremdbestäubung zu einer Steigerung der Fruchtproduktion. Auch Sauerkirschen brauchen Honigbienen als Bestäuber, um den Pollen der Antheren zu den Narben zu transportieren. (Delaplane, 2000)

Wenn die Kirschblüte nicht bestäubt wird, entwickelt sich eine erbsengroße Frucht, welche alsbald zu Boden fällt. (Luce und Morris, 1928)

Wie die meisten kultivierten Obstbäume und ihre wildwachsenden Verwandten sind auch die Kirschen ausgiebige Nektar- und Pollenspender. Zwischen den Gattungen und Arten, und manchmal auch zwischen den Kultursorten, bestehen Unterschiede in der Nektarsekretion, sowohl in Bezug auf Menge und Zuckergehalt des Nektars wie auf seine chemische Zusammensetzung (Zuckerbild). Daraus ergeben sich Unterschiede der Attraktivität für Insekten, Konkurrenz zwischen gleichzeitig blühenden Arten und Störung der Bestäubung und des Fruchtansatzes. (Maurizio, 1994)

Bei Kirschen findet man im Schnitt einen Zuckerwert (je Blüte/24 Stunden) von 1 – 2 mg. (Maurizio, 1994)

Der Nektar der Süßkirsche hat einen durchschnittlichen Saccharosegehalt von 55%, während der Wert der Weichsel bei durchschnittlich 28% liegt. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Der Zuckergehalt im Nektar der Wildkirsche variiert zwischen 12,4% (9 Uhr 30) und 17,5% (15 Uhr 30). Das Nektarvolumen betrug 49,2 Mikroliter/Blüte (9 Uhr 30) bzw. 26,2 Mikroliter/Blüte (15 Uhr 30). (Gupta und

Reddy, 1992)

Die besten Indikatoren für Kirschqualität sind Hexosezucker und Sorbitol. Durchschnittswerte sind 6,1% Glukose, 6,8% Fruktose und 1,7% Sorbitol. (Dolenc und Stampar, 1998)

Die Obstbäume und ihre Verwandten bieten den Insekten neben Nektar reiche Pollentracht. Bei Kirschen wird je Blüte ca. 0,3 mg – 0,8 mg Pollen produziert. Die Pollendarbietung dauert bei den Obstarten den ganzen Tag hindurch bis in die Nachmittagsstunden. (Maurizio, 1994)

Der errechnete Wert für 1m² Baumkronenoberfläche einer Plantage liegt bei 1g bis 2g Pollen, der den Insekten zur Verfügung steht. Bei den produktivsten Sorten liegt der Wert für einen Hektar bei 8 kg bis 14 kg. (Szklanowska, 1992) Honigbienen bevorzugten die mittleren Zweige, wobei sie auf jeder Blüte 8,6 Sekunden verbrachten und 14,7 mg Pollen sammelten. (Mattu *et al.*, 1994)

Durch die Luft übertragener Pollen werden durch hohe Temperaturen und niedrige Luftfeuchtigkeit beeinflusst. Beobachtungen in Victoria zeigten eine hohe Konzentration von Kirschpollen in der Luft während der Nacht. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Der Obstbaumpollen gehört mit einem Stickstoffgehalt von 4,5 – 4,9% (Eiweißgehalt 26 -28%) zu den stickstoffreichen Pollenarten. Anhand von Fütterungsversuchen mit Bienen erwies er sich als biologisch hochwertig und wurde in die Gruppe der wirksamsten Pollenarten eingereiht. Durch die Ausdehnung der Kulturen und den Blüten- und Pollenreichtum tragen die Obstbäume weitgehend zur Pollenversorgung und der Frühjahrsentwicklung der Bienenvölker bei. (Maurizio, 1994)

Bei Tests in Jugoslawien betreffend Keimung des Pollens zeigte die Sorte „Van“ im Labor die höchste Pollenviabilität mit einem Wert von 57,8%, während „Stella“ (Pollenviabilität bei 41,9%) die größte Anzahl an Pollenschläuchen besaß, welche das obere Drittel des Griffels durchdrungen hatten (49,3 verglichen mit 41 bei Van). Auch gegenüber zwei weiteren Kulturen zeigte Van die höchste Viabilität des Pollens und demonstrierte damit die Wichtigkeit des Erbguts für eine erfolgreiche Bestäubung. (Cerovic *et al.*, 1998b)

Sowohl Pollen als auch Nektar sind für Insekten attraktiv, Bienen im Speziellen. (McGregor, 1976) Bienen ziehen generell den Nektar der Süßkirsche vor, bei Pollen gibt es keine Unterschiede. (Delaplane, 2000; Maurizio, 1969)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Weibliche Samenzellen der Kirschblüte beginnen sich zurückzubilden noch bevor die Blüte selbst sich öffnet; daher ist es entscheidend, dass die Bestäubung als bald als möglich stattfindet. Die ersten 20% der Blüten, die sich öffnen, produzieren eine qualitativ bessere Frucht als die übrigen 80%. (Mayer *et al.*, 1988b)

Auch Eaton (1959) weist darauf hin, dass Bestäubung am ersten Tag viel effektiver war als am zweiten Tag und daher eine frühestmögliche Bestäubung von großer Wichtigkeit ist, vor allem bei der Sorte „Schmidt“.

Die Sorten Stella, Lapins, Index und Sweetheart sind selbstfertile Süßkirschen (Fruchtbildung mit eigenem Pollen); alle anderen benötigen Fremdbestäubung (Benedek und Nyeki, 1995) und sind somit auf Fremdbefruchtung angewiesen. Die Übertragung der Fremdpollen von anderen Kirscharten erfolgt durch Bienen und andere Insekten. Ein Vorteil ist dabei, dass viele alte Kirscharten gute Pollenspender sind.

Zur Selbststerilität der einzelnen Sorten kommt noch die Kreuzungsunverträglichkeit (Intersterilität) von Sortengruppen hinzu. Die Sorten können nur durch Pollen von einer nicht zu dieser Einheit zählenden Sorte befruchtet werden. (Kreuzer, 1989)

Fast alle kommerziellen Weichselsorten hingegen sind selbstfertil und bilden guten Ertrag mit ihrem eigenen Pollen. Die Sorten Bing, Lambert und Royal Ann (Napoleon) können sich gegenseitig jedoch nicht befruchten (Fremdsterilität). Bei selbststerilen Weichselkulturen führt eine teilweise Limitation der Dauer der Bestäubungsperiode (der Bienen) zu signifikanten Rückgängen in Fruchtbildung und Ertrag. Auch selbstfertile Weichselkulturen können auf stark eingeschränkte oder komplett ausbleibende Bienenbestäubung empfindlich reagieren. (Benedek und Nyeki, 1995)

Die durchschnittliche Fruchtbildung bei Weichselkulturen liegt bei circa 32% und die durchschnittliche Pollenkeimung kann jährlich zwischen 35% und 42% variieren. (Milutinovic *et al.*, 1998)

Eine falsche Annahme ist, dass selbstkompatible Kirschen keine Insektenpollination benötigen. Kulturen wie Stella, Celeste, New Star, Sunburst und Lapins in Kanada können in einheitlichen Blöcken ohne Bestäubersorte angepflanzt werden; jedoch braucht man nichtsdestotrotz Insektenpollination für einen kommerziellen Ertrag. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Fruchtbildung in %				
BESTÄUBUNGSMETHODE	Celeste	New Star	Sunburst	Lapins
<i>Offene Pollination (Insekten)</i>	23.8	14.7	10.8	36.1
<i>Fremdbestäubung per Hand</i>	21.8	10.3	11.6	29.5
<i>Selbstbestäubung per Hand</i>	19.9	11.5	10.6	26.1
<i>Nicht unterstützte Selbstbestäubung</i>	3	4	1.4	9.5

(Godini *et al.*, 1998)

Fruchtbildung in %	
Genetzte Blüten	0.2
Beschränkte Bestäubung (2 Tage)	21.4
Offene Bestäubung (Insekten)	37.2
Offene Bestäubung und Bestäubung per Hand	46

Nach Lupo + Eisikowitch (1994)

Shoemaker (1928) berichtet von 13% bis 60% Fruchtbildung (durchschnittlich 35%) bei der Süßkirsche, 21% bis 42% (durchschnittlich 33%) bei der Sauerkirsche und 10% bis 53% (durchschnittlich 20%) bei der Sorte „Dukes“. Hootman (1931) verzeichnete 49% Fruchtbildung bei der Sorte „Montmorency“ durch Handbestäubung.

Bei einer zweijährigen Studie in Polen stellte sich heraus, dass die vier ertragreichsten Sorten der Sauerkirsche durch Bienenbeflug eine um das Dreifache gesteigerte Erntemenge zur Folge hatte, 9974 kg/ha verglichen mit 2785 kg/ha ohne Bienenbeflug. (Kowronek, 1978 in Free, 1993)

Farkas (1981) verzeichnete bei Plantagen der Sauerkirsche, die direkt an Bienenvölker angrenzten, einen Ertrag von 9-22 kg pro Baum, verglichen mit 4-15 kg pro Baum und einer Entfernung von 50-150m zu den Bienenvölkern. Daraus schloss er einen Verlust von 1,2 kg pro 14 m Entfernung.

Kirschbäume am Kaiserstuhl brachten ohne Bienen keinen Ertrag, mit Bienenbestäubung hingegen 12 Zentner Kirschen. (Schweiz. Bienen-Zeitung, 1995)

Laere (1957) führte ein Experiment mit zwei selbstfertilen Sauerkirschbäumen durch, bei dem einer mit Bienen und der andere ohne Insekten gekäfigt wurde. Ersterer hatte um 67% mehr Fruchtansatz als jener ohne Bienen. Sauerkirschen, die mit Honigbienen gekäfigt wurden, hatten 19% Fruchtansatz und 18 kg Ertrag pro Baum, verglichen mit nur 7% Fruchtansatz und 7 kg Ertrag bei Bäumen ohne Bienen. (Drescher und Engel, 1976)

1974 und 1975 wurden Schattenmorellenbäume mit Zelten umhüllt, die entweder kleine Bienenvölker enthielten oder ohne Bienen waren. Man verglich den Fruchtansatz und den Ertrag dieser Bäume mit solchen aus freier Bestäubung. In beiden Jahren verzeichneten die Bäume ohne Bienenbestäubung gegenüber den frei bestäubten große Ertragseinbußen. Diese betragen 1974 50%, 1975 sogar 80%. Bei Bäumen im Zelt erbrachte das Aufstellen von kleinen Bienenvölkern gegenüber intensiv frei beflogenen Bäumen keine Ertragsverbesserungen. Die Untersuchungsergebnisse widersprechen der allgemeinen Annahme, dass die selbstfertile Schattenmorelle ohne Bienenbestäubung optimale Fruchterträge erbringt. (Drescher und Engel, 1976)

Die Rolle der Honigbiene bei der Bestäubung von Steinobst (Goodman, 1994)

Frucht	Sorte		Fruchtbildung (%)	Ertrag/Baum (kg)
Marille	Trevatt	Offen	19	99
		Gekäfigt	11	67
Kirsche	Moss Early	Offen	36	35
		Gekäfigt	2	2
Pfirsich	Golden Queen	Offen	26	216
		Gekäfigt	22	155*
Pfirsich	Crawford	Offen	28	47
		Gekäfigt	10	18
Zwetschke	Satsuma	Offen	6	38
		Gekäfigt	2	15

* geerntetes Fruchtgewicht nicht signifikant unterschiedlich

Geplatze Früchte sind das Resultat von Wasser oder Wasserdampf, der die winzigen Poren der Kirschenshaut durchdringt; ein Prozess, der Osmose genannt wird. Die meisten Kirscharten können 5% bis 8% ihres Eigengewichts an Wasser aufnehmen bevor ein Platzen auftritt. Kirscharten, welche eine Resistenz gegenüber diesem Platzen aufweisen, können mehr Wasser absorbieren als reguläre Sorten. Man kann durch Besprühen des Bestands mit einer verdünnten Kalziumchloridlösung oder durch Abdecken während des Regens einem Platzen der Frucht entgegenwirken. (Howard *et al.*, www.agric.wa.gov.au, 2010)

Abgesehen von der Biene gibt es nur wenige andere Insekten, die die Kirsche befliegen, jedoch berichtete Nevkryta (1957), dass lediglich 60% der Insekten auf blühenden Kirschen Honigbienen waren. (McGregor, 1976) Gupta und Reddy (1992) verzeichneten einen Wert von 75% Honigbienen auf eben diesen.

Die Nahrungssuche hat ihren Höhepunkt um 11 Uhr. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)59,6% der Bestäuber waren Honigbienen

-)1650% Steigerung gegenüber gekäfigten Pflanzen (keine Bienen) bei der Variation „Moss Early Tree“.

-)90% des Anbauertrags kann von der Honigbiene abhängen.
-)Nach Zuckersirupfütterung folgte eine 2,16fache Steigerung beim Pollensammeln.
-)Die Honigbiene ist wichtig für einen guten Ertrag. (Italien)
-)Honigbienen sind sehr effektive Bestäuber.
-)Fruchtbildung bei der Kirsche mit und ohne Bienen: Durchschnittliche Zahlenwerte für vier Kirschbäume (Langridge and Goodman Aust. *J. Exp. Agric. Animal Husb.*, 13, 193-195):

Variable	Gekäfigte Bäume	Ungekäfigte Bäume	Statistische Signifikanz der Differenz
Fruchtbildung/Baum	148	4 799	
Blüten/Baum	7 698	13 411	
% Fruchtbildung	2	35.9	P<0,01
Ertrag/Baum (kg)	1.9	35.2	P<0,01

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Kirschen:

AUTOR JAHR	ERTRAGSAUSWIRKUNGEN
KOWRONEK (1978)	9974 kg/ha mit Bienenbeflug 2785 kg/ha ohne Bienenbeflug
FARKAS (1981)	9-22 kg/Baum (unmittelbare Nähe zum Bienenstand) 4-15 kg/Baum (50-150m Distanz zum Bienenstand)
SCHWEIZ. BIENEN-ZEITUNG (1995)	Kirschbäume ohne Bienen = kein Ertrag Kirschbäume mit Bienen = 12 Zentner
LAERE (1957)	67% mehr Fruchtansatz durch Bienen
DRESCHER und ENGEL (1976)	19% Fruchtansatz + 18 kg/Baum (mit Bienen) 7% Fruchtansatz + 7 kg/Baum (ohne Bienen)

Empfohlene Bienendichte:

Schuster (1925) empfiehlt eine starke Kolonie pro 0,4 bis 0,8ha; Luce und Morris (1928) raten ebenso zu einer Kolonie pro 0,4ha und auch Tufts und Philp (1925) empfehlen zumindest eine Kolonie pro 0,4ha.

Goodman (1994) hingegen hält 2 bis 3 starke Kolonien pro Hektar für angemessen, Nevkryta (A.N.) (1957) sogar 4 bis 5 Kolonien pro Hektar.

5 bis 12 Bienenstöcke pro Hektar werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Hooper (1930) rät dazu, die Völker erst während der Blüte in die Plantage zu bringen. Eaton (1962) empfiehlt das Aufstellen der Kolonien am ersten Blühtag oder dem Tag davor, denn ein zu spätes Einbringen der Völker, auch um nur einen Tag, kann zu einem reduzierten Ertrag führen.

Die verwendeten Kolonien sollten über 3871 cm² Brut und 3,18 kg bis 4,08 kg Bienen verfügen. (McGregor, 1976)

Empfohlene Bienendichte für Kirschen (Delaplane, 2000):

Bienenstöcke/ha	Autoren
Süßkirsche	
2,5	Schuster (1925); Tufts und Philp (1925); Luce und

	Morris (1928); Marshall <i>et al.</i> (1929)
2,5-3	Yakovleva (1975)
12,4	McGregor (1976)
2,5-5	Levin (1986); Scott-Dupree <i>et al.</i> (1995)
3,7-6,2	Kevan (1988)
5	Mayer <i>et al.</i> (1988b)
3	British Columbia Ministry of Agriculture, Fisheries, and Food (1994)
1,3-3	Williams (1994)
4,2	Durchschnitt
Sauerkirsche	
0	Kevan (1988)
2,5-5	Scott-Dupree (1995)
2,5	Durchschnitt
<i>Andere Parameter</i>	
25-35 Honigbienen/Baum pro min	Mayer <i>et al.</i> (1988b)

Die Farbe der Pollenhöschen ist braun-orange. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Kiwi (*Actinidia deliciosa* A. CHEV.):

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Kiwi ist eine diözische Schlingpflanze, was bedeutet, dass sie entweder männliche oder weibliche Blüten besitzt. Die Blüte selbst misst 3,8-5 cm im Durchmesser, hat 5-6 Kronblätter und tritt einzeln oder in Dreiergruppen auf. Die Kronblätter wechseln im Laufe der Zeit ihre Farbe von weiß zu gelb. Die weibliche Blüte besitzt 165-200 Staubblätter, die sterilen Pollen abgeben, sowie bis zu 41 funktionierende Narben und eine angeschwollene Samenanlage, in der bis zu 1500 weibliche Samenzellen enthalten sind. Die männliche Blüte hat ebenfalls eine Samenanlage, nur ist diese nicht funktionsfähig, und 134-182 Staubblätter, die entwicklungsfähigen Pollen abgeben. (Hopping und Jerram, 1979) Sich spät öffnende Blüten neigen dazu kleinere Früchte zu bilden. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Sowohl männliche als auch weibliche Blüten produzieren Pollen, beide jedoch keinen Nektar. Weibliche Reben blühen für eine Dauer von 2-6 Wochen und ihre Narben werden empfangsbereit sobald sich die Blüte öffnet. (Ford, 1970; Sale, 1983) Die Antheren geben schrittweise Pollen durch einen längslaufenden Spalt ab, der für einen Zeitraum von fünf Tagen geöffnet ist. (Goodwin, 1986a) Männliche Reben blühen für 2-4 Wochen und ihre Blüten sondern ebenfalls Pollen durch einen länglichen Spalt ab, jedoch nur für etwa drei Tage. (Goodwin, 1995)

Weiblicher Pollen ist klebrig und bleibt am Spalt exponiert, bis er von einem Insekt aufgenommen wird. Männlicher Pollen andererseits ist trocken und fällt schnell ab wenn die Blüte geschüttelt wird. (Delaplane, 2000)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Männliche und weibliche Pflanzen müssen so gesetzt werden, dass eine Übertragung von männlichem Pollen auf die weiblichen Narben gewährleistet ist. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass die Bestäubersorten zur gleichen Zeit blühen wie die Kultursorte selbst. (Free, 1993) Ein Schnitt von einer männlichen pro drei weiblichen Pflanzen wird hierbei empfohlen (Sale, 1984); jedoch zeigten Vergleiche von 1:3 bis zu einem Verhältnis von 1:8 keine Unterschiede in Fruchtgewicht oder Samenanzahl. (Goodwin *et al.*, 1999) Die Samenanlagen enthalten eine Vielzahl an Samen; das Fruchtgewicht ist direkt proportional zur Samenanzahl. (Hopping, 1976; Pyke und Alspach, 1986)

Wind und Honigbienen sind die wichtigsten Bestäuber der Kiwi. Bienen besuchen sowohl männliche als auch weibliche Pflanzen um Pollen zu sammeln. Ein erfolgreicher Bestäuber muss entwicklungsfähigen männlichen Pollen zur weiblichen Narbe transportieren. (Delaplane, 2000)

In Neuseeland wurde von Donovan und Read (1991) folgender Versuch durchgeführt: Gruppen von 3-8 weiblichen Blütenknospen in einer drei Jahre alten Plantage wurden eingeschlossen. Als die Blüten offen waren, wurden die Käfige entfernt. Nach einem erfolgten Bienenanflug wurde jede Blüte individuell mit Plastiknetzen gekäfigt. Nicht beflogene Blüten wurden zu Kontrollzwecken ebenfalls gekäfigt. Reife Früchte wurden gewogen und Samen gezählt. Bei 43 Blüten, welche jeweils von einer Honigbiene angefliegen wurden, betrug das durchschnittliche Gewicht der Frucht 46,18g und die durchschnittliche Samenanzahl lag bei 262,3. Bei 24 Kontrollpflanzen betrug das durchschnittliche Fruchtgewicht 24,85g und die durchschnittliche Samenanzahl lag bei 35,3. Ein einziger Bienenanflug erhöht demnach das durchschnittliche Fruchtgewicht um 21,33g und die Samenanzahl um 227. Die schwerste Frucht einer Kontrollblüte wog 46,4g. Die maximale Samenanzahl einer Kontrollfrucht betrug 110 und stammte von ebendieser. Elf der von Bienen angeflogenen Blüten produzierten Früchte, welche schwerer als 72g waren, mit dem maximalen Gewicht von 119,8g und einer maximalen Samenanzahl von 1359.

Honigbienen bleiben während ihres Sammelfluges bei einem Geschlecht. Trotzdem tragen 87% der Bienen männlichen und weiblichen Pollen. Der Kontakt mit Artgenossen innerhalb des Stocks oder Pollen von früheren Blütenbesuchern ist der Grund dafür. (MacFarlane und Ferguson, 1984; Delaplane, 2000)

Honigbienen konzentrieren sich auf die Antheren und kommen nur selten in Kontakt mit den Narben, gerade mal in 25% der Fälle. Daher sind mehrere Anflüge notwendig um eine akzeptable Bestäubung zu erzielen. (Delaplane, 2000) Jede Blüte sollte viermal beflogen werden um eine Frucht mit Exportgröße zu erhalten. (Donovan und Read, 1991) Daraus resultiert, dass eine große Anzahl an Bienenvölkern wichtig für die Bestäubungsleistung ist, vor allem da Bienen sehr leicht von attraktiveren Nahrungsquellen abgelenkt werden. (Palmer-Jones und Clinch, 1974)

Der Fruchtansatz bei Kiwis durch ausschließliche Windbestäubung in Frankreich liegt bei 5,9%, wird aber durch zusätzliche Bienenbestäubung auf 39,7% gesteigert. (Vaissière *et al.*, 1996)

Bei modernen Kiwikulturen werden häufig Pollendispensoren verwendet. Dabei wird vor den Fluglöchern der Bienenstöcke eine mit Kiwipollen gefüllte Vorrichtung befestigt, durch die die ausfliegenden Honigbienen mit

Pollen bestäubt werden. Diese ausfliegenden Bienen bringen so den Pollen zur weiblichen Blüte. Dadurch ist es nicht mehr notwendig männliche Pflanzen in der Anlage zu haben und ein erhöhter Hektarertrag ist die Folge.

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)Die Bienenstöcke erst aufstellen wenn 10% bis 15% der weiblichen Blüten geöffnet sind.
-)Honigbienen sind die wichtigsten Bestäuber. (Neuseeland)
-)Bei Zuckersirupfütterung stieg die Menge an gesammelten Pollen um das 7,9fache. Die höchste tägliche Steigerung betrug das 43fache.

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Kiwi:

AUTOR JAHR	ERTRAGSAUSWIRKUNGEN
DONOVAN und READ (1991)	Steigerung des Fruchtgewichts um 21,4g Steigerung der Samenanzahl um 227
VAISSIERE <i>et al.</i> (1996)	Fruchtansatz um 33,8% gesteigert

Empfohlene Bienendichte:

Die Standardempfehlung ist 8 Völker pro Hektar. (Palmer-Jones und Clinch, 1974)
3 bis 8 Bienenstöcke pro Hektar werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. Die Völker sollten zu jeder Zeit über mindestens 7000 cm² Brut verfügen; das entspricht sieben vollen Rähmchen mit Brut. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Klee

Inkarnat-Klee (*Trifolium incarnatum* L.):

Der Inkarnatklee wird hauptsächlich und schon lange in Südfrankreich und Spanien angebaut, im übrigen Europa und in den Vereinigten Staaten erst seit Mitte des vorigen Jahrhunderts, da er nicht recht winterhart ist. Langandauernde Schneedecken und tiefe Temperaturen verträgt er schlecht. Doch bemüht man sich, die Anbaugrenze nach Norden zu verschieben, da er nur geringe Ansprüche an Boden und Düngung stellt (Gerstenböden sind geeignet) und früh blüht (etwa 8 Tage vor dem Rotklee, zwischen der Obstblüte und dem Weißklee). Er wird meist in Mischungen verwendet, und zwar zur Heu- wie zur Grün- oder Gärfuttergewinnung sowie als Gründüngung. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Morphologie der Inkarnat-Kleeblüte ist typisch für die Gattung *Trifolium*. Sie besitzt 65-125 rötliche Röhrenblüten pro Kopf, die, sobald sie bestäubt sind, innerhalb eines Tages verwelken. Dadurch erscheinen gut bestäubte Felder verblüht, im Gegensatz zu kaum von Insekten befliegenen Flächen, die frisch und farbenfroh wirken. (Delaplane, 2000) Nichtbestäubte Blüten bleiben für circa zwei Wochen geöffnet. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Honigbienen besuchen den Inkarnat-Klee für das Sammeln von Nektar sowie Pollen. (Delaplane, 2000)

Girardeau (1958) berichtete, dass Bienen Nektar überwiegend morgens sammelten und Pollen generell nachmittags. Der Pollen wird in großen Mengen gesammelt, was für Leguminosepflanzen ungewöhnlich ist. Auch bemerkte er, dass der eingelagerte Pollen über den ganzen Honigraum verteilt wurde, anstatt ihn um das Brutnest zu konzentrieren, und dass Völker bei Inkarnatkleefeldern exzessiv schwärmten. Gründe dafür konnten nicht ermittelt werden.

Obwohl Bienen vom Inkarnatklee angezogen werden, haben sie Schwierigkeiten, ihre Mundwerkzeuge in die Röhrenblüten einzubringen. (Knight und Green, 1957)

Apetale männlich-sterile Selektionen waren für Bienen unattraktiv. (Knight, 1969)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Honigbienen sind geschichtlich gesehen die wichtigsten Bestäuber des Inkarnat-Klees. Er ist zwar mehrheitlich selbstbefruchtend, jedoch sind Bienen notwendig, um den Pollen zu den Einzelblüten des Klees zu transportieren. Vergleicht man Felder mit und ohne Bienenbestäubung, so ergibt sich eine Erhöhung des Gewichts der Samen pro Blühkopf um das 2,4 fache, die Anzahl der Samen steigt um das 14 fache und der Ertrag um das 4-21 fache. (McGregor, 1976)

Hummeln und andere Wildbienen spielen bei der Bestäubung eine unwesentliche Rolle. 13% bis 20% der Bestäubung war auf Wind und Regen zurückzuführen. (Knight und Green, 1957)

Auf Grund der frühen Blühzeit des Inkarnatklees in Georgia waren fast ausschließlich Honigbienen auf dem Feld zugegen. (Girardeau, 1958) Circa 2% der Bienen waren Hummeln, der Rest Honigbienen. (Girardeau, 1954)

Die Effektivität der Honigbiene als Bestäuber wurde durch Käfigtests bestätigt. Amos (1950, 1951) verzeichnete 2,64g Samen bei 50 gekäfigten Blühköpfen; bei offener Bestäubung und einer Kolonie pro 0,4ha kam er auf 6,36g Samen pro 50 Blühköpfe. Auch Scullen (1956) berichtete von nur 5 Samen pro Blühkopf ohne Bienen, jedoch wurde der Wert durch Bienenbestäubung auf 69 Samen pro Blühkopf gesteigert.

Beckham und Girardeau (1954) ernteten 59kg pro 0,4ha bei gekäfigten Flächen; bei offenen Flächen mit einer Kolonie pro 0,4ha waren es 222kg. Blake (1958) kam mit 3 Kolonien pro 0,4ha sogar auf 462kg/0,4ha, ein Zugewinn von über 360kg verglichen mit Flächen ohne Bienen.

Killinger und Haynie (1952) ernteten lediglich 1,3kg/0,4ha in von Bienen isolierten Käfigen, 29kg/0,4ha in Käfigen mit Bienen und 47,6kg bei offenen Flächen. Weaver und Ford (1953) kamen auf 26,7kg/0,4ha in von Bienen isolierten Käfigen, 105,6kg/0,4ha in Käfigen mit Bienen und 134,7kg/0,4ha bei offenen Flächen.

Johnson und Nettles (1953) gewannen 16,7kg Samen pro 0,4ha bei gekäfigten Flächen, im offenen Feld mit 2,5 Bienenkolonien waren es 170kg Samen.

In Oregon produzierte gekäfigter Inkarnatklee 5,08 Samen pro Blühkopf, während der Klee im offenen Feld 69,2 Samen/Blühkopf hatte. (Vansell, 1952)

Durch Platzierung von Bienenkolonien in der Nähe von Kleefeldern wurde der Ertrag um 453kg bis 544kg pro 0,4ha gesteigert. (Wheeler und Hill, 1957) Anzahl an Hülsen mit Samen und Saatguterträge waren in der Nähe von Bienenständen immer höher. (Blake, 1955)

Die Erscheinung des Klees gibt Aufschluss darüber, ob ausreichend Bestäuber vorhanden sind, denn die Einzelblüten des Klees verwelken nach erfolgter Bestäubung. Wenn die Leistung gut ist besitzt jeder Blühkopf oberhalb ein Büschel mit offenen Einzelblüten, und unterhalb befinden sich verwelkte, schon bestäubte Einzelblüten. (Weaver und Ford, 1953)

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)7,3 Bienenstöcke pro Hektar erhöhten die Samenproduktion um 135% gegenüber 4,9 Bienenstöcke pro Hektar
-)In einem Zeitraum von vier Jahren lag der Wert mit 2 Kolonien 128 bis 231 kg über dem Ertrag von Pflanzen, die nicht von Bienen angefliegen wurden. (USA)
-)Drei Bienenkolonien erreichten einen Maximalertrag von 543 kg pro 0,4 Hektar. Bienenkolonien gewannen über 45 kg Honig pro Stock. (USA)
-)Bienen steigern den Ertrag um das 2,5fache. (USA)

Steigerung des Samenertrags durch Bienenbestäubung beim Inkarnat-Klee. Angaben in kg/ha (Delaplane, 2000):

<i>Pflanzen, gekäfigt mit Honigbienen</i>	<i>Pflanzen, gekäfigt ohne Honigbienen</i>	<i>Nicht gekäfigt</i>	<i>Autoren</i>
53	3	57	Killinger und Haynie (1951)
261	66	333	Weaver und Ford (1953)
KA	46	238	Johnson und Nettles (1953)
KA	101	527	Beckham und Girardeau (1954)
KA	100	658	Blake (1958)
KA	47	184	Girardeau (1958)
157	61	334	Durchschnitt

KA = Keine Angaben

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Inkarnatklee:

AUTOR JAHR	ERTRAGSAUSWIRKUNGEN
McGREGOR (1976)	Samengewicht um das 2,4fache erhöht Samenanzahl um das 14fache erhöht Ertrag um das 4-21fache erhöht
AMOS (1950, 1951)	2,64g Samen bei 50 Blühköpfen (ohne Bienen) 6,36g Samen bei 50 Blühköpfen (1 Kolonie/0,4ha)
SCULLEN (1956)	5 Samen/Blühkopf (ohne Bienen) 69 Samen/Blühkopf (mit Bienen)
BECKHAM und GIRARDEAU (1954)	59 kg/0,4ha (ohne Bienen) 222 kg/0,4ha (1 Kolonie/0,4ha)
BLAKE (1958)	Durch Verwendung von 3 Kolonien/0,4ha = 462 kg/0,4ha

	(+ 360 kg verglichen mit Flächen ohne Bienen)
KILLINGER und HAYNIE (1952)	1,3 kg/0,4ha (Käfige ohne Bienen) 29 kg/0,4ha (Käfige mit Bienen) 47,6 kg/0,4ha (offene Flächen)
WEAVER und FORD (1953)	26,7 kg/0,4ha (Käfige ohne Bienen) 105,6 kg/0,4ha (Käfige mit Bienen) 134,7 kg/0,4ha (offene Flächen)
JOHNSON und NETTLES (1953)	16,7 kg Samen/0,4ha (Käfig) 170 kg Samen/0,4ha (offene Fläche mit 2,5 Kolonien)
VANSELL (1952)	5,08 Samen/Blühkopf (Käfig) 69,2 Samen/Blühkopf (offene Fläche)
WHEELER und HILL (1957)	Ertragssteigerung von 453-544 kg/0,4ha durch Bienenkolonien

Empfohlene Bienendichte:

Weaver und Ford (1953) berechneten, dass eine Kolonie pro 0,4ha ausreichend ist, vorausgesetzt es gibt kein zu großes Konkurrenzangebot an Nektar und Pollen. Auch Pederson *et al.* (1961) und Girardeau (1958) empfehlen eine Kolonie pro 0,4ha. Killinger und Haynie (1952) ebenfalls, jedoch geben sie weiters an, dass bis zu 5 Kolonien die Samenproduktion erhöhten.

Blake (1958) in Alabama empfiehlt 2 Kolonien pro 0,4ha; bei 3 Kolonien/0,4ha wurde der außergewöhnlich gute Ertrag von 462kg erzielt.

3 bis 7 Bienenstöcke pro Hektar werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Empfohlene Bienendichte für Inkarnat-Klee (Delaplane, 2000):

Bienenstöcke/ha	Autoren
2,5-12,4	McGregor (1976)
2,5-5	Levin (1986)
5,6	Durchschnitt
<i>Andere Parameter</i>	
2-3 Honigbienen pro 100 Blütenköpfen	Knight und Green (1957)

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Rotklee (*Trifolium pratense* L.):

Rotklee wird seit dem 3./4. Jahrhundert n. Chr. in Südeuropa kultiviert. Eine weitere Verbreitung als Futterpflanze erfolgte erst während des 15. und 16. Jahrhunderts in Spanien, Frankreich und Italien. Im 16. Jahrhundert kam er von Spanien aus in die Niederlande, von dort um 1633 nach England. Unser heutiger Rotklee scheint spanischen oder spanisch-arabischen Ursprungs zu sein. (Neuschwandtner, 2003; Becker, 1929).

Das große Zeitalter des Kleeanaues begann Mitte des 18. Jahrhunderts und ist eng verbunden mit Johann Christian Schubart (1734 – 1787), der den Kleeanaubau, die Fruchtwechselwirtschaft und die Stallfütterung propagierte und als Vater unserer heutigen regelmäßigen Fruchtwechselwirtschaft angesehen werden kann. Für seine Verdienste wurde er von Joseph II. als Edler von Kleefeld in den Adelsstand erhoben. (Neuschwandtner, 2003; Becker, 1929).

Der Rotklee (*Trifolium pratense* L.) gehört zur Familie der Schmetterlingsblütler (Fabaceae).

Rotklee ist wohl die verbreitetste Kleeart. Als Wiesen- oder Naturklee ist er in Eurasien und Nordafrika verbreitet. Er kommt auf mittelschweren bis schweren neutralen Lehm- und Tonböden vor und reicht von den küstennahen Gebieten Norddeutschlands und den skandinavischen Ländern mit ihrem feucht-kühlen Klima bis ins Gebirge auf 2000m hinauf, wo er in kühleren Lagen gut gedeiht. (Maurizio, 1994)

Da der Rotklee ein gutes, eiweißreiches Futter darstellt, ist er zu einer der Hauptfutterpflanzen insbesondere in den nordischen Ländern geworden, doch hat er auch in anderen Ländern eine bedeutende Stellung. In der Form des Ackerrotklee unterscheidet man zwei Typen, den Frühklee, der mehrere Schnitte zulässt und in Mitteleuropa vorherrschend ist, und den Spätklee, der nur einen Schnitt mit hohem Ertrag liefert und der vor allem in den nordischen Ländern angebaut wird. (Maurizio, 1994)

Infolge der großen wirtschaftlichen Bedeutung des Rotklee hat sich die Züchtung seiner angenommen und u.a. tetraploide Rassen geschaffen. Im Übrigen spielen neben den Sorten die Herkunft, d.h. die Gegenden, in denen der Samen geerntet worden ist, eine große Rolle. Im Allgemeinen sind die im eigenen Klimabereich entstandenen Herkünfte im Anbau eindeutig überlegen. (Maurizio, 1994)

Die Aussaat erfolgt im Februar/März, etwa 16 – 20 kg flach gesät pro Hektar ergeben noch im ersten Jahr einen Schnitt, im nächsten Jahr 2-3 Schnitte. Die Ernte schwankt zwischen 12 -32 t/ha Grünfutter oder 5 -10 t/ha Heu. Die Aussaat kann aber auch später bis August erfolgen. Rotklee wird als Untersaat unter die Deckfrucht und als Mischsaat insbesondere in Klee grasansaat, verwendet. Es besteht eine sehr geringe Selbstverträglichkeit: Man muss 6 – 8 Jahre warten, ehe man wieder Rotklee auf denselben Acker bringen kann. Auch gegenüber anderen Leguminosen ist eine Pause von mehreren Jahren notwendig. (Maurizio, 1994)

Besonders erwähnenswert ist die Bedeutung von Rotklee als Stickstoffbinder durch seine Knöllchenbakterien im Einsatz in der biologischen Landwirtschaft. (Mandl, 2007)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Das Aussehen der Rotkleeblüten ist typisch für die Gattung *Trifolium*. Jeder rosafarbene Blühkopf besteht aus 55-275 Röhrenblüten, welche sich über einen Zeitraum von sechs bis zehn Tagen öffnen, ausgehend von der Basis der Blüte. (Delaplane, 2000) 0,4 Hektar eines Rotkleebestands in voller Blüte besitzt geschätzte 300 Millionen Röhrenblüten. (Hollowell und Tysdal, 1948)

Die Röhrenblüte des Rotklee misst 6,4-12,7 mm in der Länge und besitzt eine Samenanlage mit zwei weiblichen Samenzellen. (Delaplane, 2000) Nach der Befruchtung bildet sich normalerweise nur eine davon aus. Werden beide ausgebildet, entstehen kleinere Samen mit einer verminderten Triebkraft. (Hoffman *et al.*, 1970; Neugschwandtner, 2003) Dijkstra (1969) zeigte, dass die Ausbildung von zwei Samen keinen Einfluss auf den endgültigen Samenertrag hatte.

Zehn Staubblätter und eine etwas längere Narbe, die sich bis zur Mündung der Blühhöhre erstreckt, bilden die Geschlechtsteile der Pflanze, die wiederum von den Kronblättern an ihrer Basis umschlossen werden. Wenn die

Biene mit ihrem Kopf an die Staubblätter drückt, kommen die Antheren und die Narbe mit ihr in Berührung. (Delaplane, 2000).

Die Blütenköpfchen sind meist zu zweit mit zwei Tragblättern. Die Einzelblüten sind ungestielt und besitzen einen zehnnervigen, außen behaarten Kelch. Die Blüten müssen binnen zwei bis vier Tagen bestäubt sein. Bei ausreichender Bestäubung verwelken die aufrecht stehenden Blüten und ihre Farbe wechselt von hellrot zu braun. Die Blüten im Zentrum locken nun die Bestäuberinnen an, während sich die obersten Einzelblüten noch im Knospenstadium befinden. Erfolgt keine Bestäubung, so bleibt der Turgordruck erhalten, das Köpfchen ist bald voll von farbenprächtigen Blüten. (Becker, 1929; Pesson und Louveaux, 1984; Seidel und Eisenreich, 1975; Neuschwandtner, 2003)

Das Wurzelsystem besteht aus einer bis zu 120 cm langen, kräftigen Pfahlwurzel und einem Nebenwurzelsystem, an dem sich in erster Linie die ovalen Wurzelknöllchen bilden. Die kantigen und behaarten Stängel der 15 – 40 cm hohen Pflanzen entspringen aus den Hauptachsen der unteren Laubblätter. Die Fiederblätter sind 1-3 cm lang, elliptisch-eiförmig und meist gefleckt, die Nebenblätter eiförmig und scharf grannenartig zugespitzt. (Becker und John, 2000; Becker, 1929; Seidel und Eisenreich, 1975; Neuschwandtner, 2003)

Die Samengewinnung bei Rotklee ist jedoch nicht einfach, da für die Samenreife nicht nur eine trockene Zeitspanne nötig ist - im Allgemeinen lässt man die zweite Blüte zur Samengewinnung stehen – sondern auch die Bestäubungsverhältnisse kompliziert liegen. Der Rotklee ist ein Fremdbefruchter, der eine erblich bedingte Selbstferilität entwickelt hat. Die Blühkraft des Rotkleees ist dabei beachtlich, zur Zeit der Hauptblüte kommen auf 1m² etwa 300 bis 400 Blütenstände. Die Blüte dauert etwa 12 Wochen an. (Maurizio, 1994)

Je nach Länge der Kronröhre ist der Nektar für kurzrüsselige Insekten (Honigbiene, Wildbiene) oder nur für langrüsselige (Hummeln, Schmetterlinge) erreichbar. Die Länge der Blütenröhre ist von großer Bedeutung für die Samenproduktion von Rotklee, weil sie den Insektenbeflug und damit die Bestäubung und den Samenansatz beeinflusst. Im Allgemeinen nimmt die Kronröhrenlänge des Rotkleees in Europa von Süden nach Norden zu. In Süd- und Mitteleuropa (Italien, Schweiz, Westdeutschland, Tschechien, Slowakei) liegt sie zwischen 7,7 und 9,6 mm, in Nordeuropa (Großbritannien, Dänemark, Schweden, Norwegen, Finnland) beträgt sie 8,5 bis 10,4 mm. Gegen Ende des Sommers sind die Blütenröhren des Rotkleees kürzer als zu Beginn der Blütensaison. Die kürzesten Blütenröhren besitzen die einheimischen wilden Wiesen- oder Mattenklee-Sorten, *Trifolium pratense* var. *perenne*, die längsten die tetraploiden Zuchtsorten. Je nach Länge der Kronröhren werden die Rotkleearten vorwiegend von Honigbienen (in Dänemark und Südschweden bis zu 74%) oder von Hummeln (in Nordschweden zu 80 – 90%) bestäubt. In Italien nehmen auch Wildbienen (*Osmia*- und *Megachile*-Arten) an der Rotkleebestäubung teil. (Maurizio, 1994)

Um das Bestäubungsergebnis beim Rotklee zu verbessern, wurden immer wieder verschiedene Anläufe gemacht: Anbau kurzröhriger Rotkleearten, Auslese von Bienenstämmen, die bessere Bestäuber sind, Duftlenkung, Anwendung von Wachstumsreglern sowie der Einsatz von Carnicavölkern, die wesentlich bessere Bestäuber sind als z.B. die Dunkle Biene (*Apis mellifera mellifera*). (Maurizio, 1994)

Woodrow (1952a) kam zu dem Schluss, dass die „Tiefe der Rotkleeorolla im Verhältnis zur Länge der Bienenzunge unwichtig scheint“, da die Zunge beim Pollentransfer keine Rolle spielt. Er war der Meinung, dass

die meisten Bienen den Rotklee zwecks Pollen anfliegen, obwohl einige Bienen auch Nektar sammelten.

Menge, Zuckergehalt und Zuckerzusammensetzung des Nektars sind für die wichtigsten Hülsengewächse, besonders für die kultivierten Arten, eingehend untersucht worden. Es handelt sich durchwegs um ausgiebige und zuckerreiche Nektarsspender. Berücksichtigt man die riesigen Flächen, die in Europa und in den überseeischen Ländern der gemäßigten Klimazone von Weiß- und Rotklee, Luzerne und Futterwicken bedeckt sind, so kann man sich eine Vorstellung von der Bedeutung der Hülsengewächse für die Honigproduktion und die Bienenzucht machen. (Maurizio, 1994)

Die Nektarabsonderung dauert bei den Kleearten den ganzen Tag hindurch mit einem Maximum in den Mittagsstunden. Die Nektarproduktion ist stark abhängig von den Klimabedingungen, vor allem von der Bodenfeuchtigkeit und der Temperatur. (Maurizio, 1994) Rotklee benötigt einige Tage über 22°C bevor die Blüte beginnt Nektar abzugeben. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Die Nektarausgiebigkeit ist bei den Kulturpflanzen bis zu einem gewissen Grade genetisch bedingt, d.h. dass zwischen Sorten und Klonen der gleichen Art große Unterschiede bestehen können. Besonders die heute weitverbreiteten tetraploiden Sorten der Kleearten können 2 bis 3mal mehr Nektar und Zucker absondern als die entsprechenden diploiden. So scheidet tetraploider Rotklee mehr Nektar ab als diploider Rotklee, doch fallen die Kronröhren der tetraploiden Kleesorten länger aus, so dass der Nektar deswegen nicht besser zugänglich ist. Rotkleearten mit hoher Zuckerkonzentration bieten oftmals geringere Nektarmengen. Fructose und Glucose sind vorherrschend im Nektar. (Akerberg und Stapel, 1966; Maurizio, 1994)

Die mittlere Nektarabsonderung beträgt je Blüte in 24 Stunden 0,08 bis 0,9 mg bei einem Zuckergehalt von 17 bis 60%. Dies ergibt eine rechnerische Zuckerproduktion von 20 bis 148 kg/ha. (Maurizio, 1994)

Bukhareva (1960) zeigte, dass die Nektarsekretion durch Nährstoffe beeinflusst wurde. Flächen, welche mit 226,8g Bor und 85g Ammoniummolybdat behandelt wurden, zeigten eine 53%ige Steigerung der Nektarsekretion, 7% bis 11% erhöhte Zuckerkonzentration, 17% bis 32% erhöhte Bienenanflüge und 14% bis 15% erhöhte Saatgutproduktion.

Die Hülsengewächse bieten den Insekten auch beträchtliche Mengen Pollen. Die mittlere Pollenproduktion je Blüte beträgt bei Rotklee 0,045mg, wobei in der Pollenproduktion des Rotklee keine derartigen Mengenunterschiede auftreten, wie es bei der Nektarproduktion zu beobachten ist. Als ausgiebige Pollenspender kommen für die Honigbiene Rot- und Weißklee in Frage, deren Anteil an der jährlichen Pollenernte in Europa 14 – 33% beträgt. Der Tagesanteil der Kleearten kann im August und September 50 – 80% des im Ganzen eingetragenen Pollens erreichen, wobei nach dänischen Beobachtungen Rotklee bevorzugt wird. (Maurizio, 1994)

Der Pollen ist in den Leguminosenblüten den ganzen Tag hindurch zugänglich, mit einem Maximum zwischen 12 und 14 Uhr. Die Pollentracht beginnt bei Rotklee Anfang Juli und dauert bis in den Herbst (Mitte Oktober). Die Pollenhöschen der Hülsengewächse sind in der Regel braun. Sie sind mittelgroß und kompakt (mittleres Gewicht 6,4mg für Rotklee). Der Pollen von Weiß- und Rotklee gehört zu den für Bienen biologisch am wirksamsten Pollensorten. Der Stickstoffgehalt ist hoch, er beträgt ca. 5% (Eiweißgehalt 26%). Dank der großen Verbreitung, der langen Blütezeit und der guten biologischen Wirksamkeit zählen Kleearten zu den besten Pollenquellen der Bienenvölker. (Maurizio, 1994)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Rotklee ist Großteils selbststeril, was bedeutet, dass er Pollen einer anderen Pflanze benötigt, um eine akzeptable Anzahl an Samen zu produzieren. Die Einzelblüte muss innerhalb von 2-4 Tagen nach dem Öffnen bestäubt werden, damit eine Befruchtung gesichert ist. Da Bienen die Hauptbestäuber des Rotklees sind, sollte während dieser Zeit für eine ausreichende Völkeranzahl bei den Feldern gesorgt werden. Das Aussehen der Blühköpfe gibt Aufschluss über den Grad der Bestäubung. Bestäubte Einzelblüten verwelken alsbald, bei noch fehlender Bestäubung bleiben sie farbintensiv und wirken frisch. Wenn die Anzahl der Bienen ausreichend ist, ändert sich die Farbgebung des Feldes in ein rostiges Braun. (Delaplane, 2000)

Neuschwandtner (2003) untersuchte in seiner Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur aus dem Jahr 2002 den Einfluss der Honigbiene auf den Rotklee. Die Biene war die am häufigsten vorkommende Bestäuberin, gefolgt von Hummeln, Wildbienen und Schwebfliegen. Am Morgen und zu Mittag verteilen sich die Bienen weitgehend ähnlich über das Feld, am Abend wurden Bienen vor allem in der Nähe des Standes gezählt. Der Beflug ist zudem abhängig von der Tageszeit, der Temperatur und dem Niederschlag.

Der Polleneintrag war sehr hoch. Über 90% des eingetragenen Pollens und der überwiegende Teil an gesammelten Pollenhöschen stammte vom Rotklee. Nur geringe Mengen an Pollen wurden von den Konkurrenzpflanzen Mais, Ackerwinde, Wiesenpippau, Spitzwegerich, Waldmeister und Witwenblume eingetragen. Der Eintrag an Pollen korreliert mit der Temperatur. Die Unterschiede im Polleneintrag während der Sammelzeiten sind signifikant. Am meisten Pollen wurde von 13:00 bis 13:30 Uhr gesammelt. Der Nektareintrag aus der Rotklee-Blüte ist gering, der Anteil Zucker im Nektar hoch. Durch den Einsatz von Pollenfallen wurde der Nektareintrag signifikant vermindert. Die Gesamtgewichte der Bienenvölker nahmen im Durchschnitt aufgrund des niedrigen Nektareintrages ab.

Es kehrten 23,3% der untersuchten Bienen mit gefüllten Honigblasen und/oder Pollenhöschen zurück, somit kann der Sammelerfolg der Bienen bei dieser Tracht als hoch angesehen werden. Auf den frei abblühenden Parzellen war im Gegensatz zu den unter dem Netz abblühenden ein höherer Ertrag, eine höhere Keimfähigkeit und eine höhere Vitalität festzustellen. Ein Einfluss auf das Tausendkorngewicht kann nicht nachgewiesen werden. Die Ergebnisse, besonders die des Polleneintrages, zeigen klar, dass die Honigbiene eine gute und wichtige Bestäuberin des Rotklees ist. (Neuschwandtner, 2003 nach Mandl, 2007)

In einer polnischen Studie wurde dokumentiert, wie sich das Spritzmittel Alar 85 auf die Länge der Blütenröhre bei tetraploidem Rotklee der Sorten Pelly, Jubilatka, Grodkowice und MT1 und somit auf einen vermehrten Besuch durch Honigbienen auswirkt.

Die Länge der Blütenröhre konnte dadurch um 12% - 16% verkürzt werden. Im Jahr 1975 war bei den nichtgespritzten Kontrollparzellen der Hektarertrag 152 kg, bei den mit Alar 85 gespritzten Parzellen 362 kg. 1976 lag der Feldertrag ohne Spritzung bei 414 kg und mit Spritzung bei 501 kg/ha. (Wawryn, 1978)

Hummeln scheinen, verglichen mit Bienen, die effektiveren Bestäuber zu sein, da sie im Allgemeinen längere Zungen besitzen, was ihnen erlaubt, Rotklee schneller zu bearbeiten. (Delaplane, 2000) Hawkins (1962a) beobachtete einen Zusammenhang zwischen der Hummelpopulation und dem Saatgutertrag in England, jedoch keine Wechselbeziehung zwischen Honigbienen und Saatgutproduktion. Auch Bird (1944) erachtete die Hummel gegenüber der Honigbiene als effektiver.

Hummeln wurden als so wichtig erachtet, dass sie von England nach Neuseeland transportiert wurden mit dem Ziel, Rotkleefelder zu bestäuben. (Belt, 1876; Hopkins, 1914)

Dennis und Haas (1967b) beobachteten die Aktivität von Hummeln auf Rotklee und erfuhren so, dass *Bombus terrestris*, welche eine kurze (6,8mm) Zunge besitzt, an Nektar gelangen, indem sie ein Loch in die Basis der Korolla schnitten. *B. lapidarius*, welche eine 8mm lange Zunge besitzen, sammelten Nektar in herkömmlicher Weise bei diploiden Rotklee. *B. distinguendus* F. Morawitz, mit einer 8,8mm langen Zunge, wurde häufiger auf tetraploiden Rotklee beobachtet. (McGregor, 1976) Bohart (1957) und Van Laere und Martens (1962) erachteten die Hummel als idealen Bestäuber des Rotkleees, obwohl ihre Population unvorhersehbar und normalerweise unzureichend ist für eine adäquate Bestäubung aller Blüten eines großen Feldes.

Morrison (1961) beobachtete Unbeständigkeiten über die Jahre bei der Effizienz von Honigbienen und Hummeln in Neuseeland und erachtete beide Gruppen als wichtig. Hills (1941), Palmer-Jones *et al.* (1966) und Palmer-Jones (1967) schätzten die Honigbiene als wichtiger ein.

Die Produktion des Rotkleeesamens ist direkt proportional zur Bestäuberaktivität. Everly (1950) assoziierte eine reduzierte Anzahl an einheimischen Bestäubern mit sinkendem Samenertrag in Indiana und fügte hinzu, dass pollensammelnde Honigbienen effektiv zur Bildung eines guten Samenertrags beitragen. (McGregor, 1976) Bohart (1957) betrachtete die Honigbiene als zufriedenstellend, wenn ihre Konzentration hoch ist und konkurrierende Pollen- und Nektarquellen minimal sind.

Ausschlaggebend ist für eine ausreichende Zahl an Bienenvölkern zu sorgen, um so eine adäquate Bestäubung des Feldes zu gewährleisten. (Delaplane, 2000)

Für Felder mit einer Größe von bis zu zehn Hektar können die Bienenvölker an einem Standplatz untergebracht werden; bei über zehn Hektar sollten sie in zwei oder mehr Standplätze gruppiert sein. (Delaplane, 2000)

Bei Versuchen von Richmond (1932), Crum (1941) und Anderson und Wood (1944) mit gekäfigten und ungekäfigten Parzellen wurde folgendes durchschnittliches Ergebnis dokumentiert: Bei mit Honigbienen gekäfigten Rotklee-Parzellen waren 74,8 Samen pro Köpfchen, bei gekäfigten Parzellen ohne Bienen 0,5 Samen pro Köpfchen und bei ungekäfigten Parzellen waren es 53,8 Samen pro Köpfchen.

Anderson und Wood (1944) verzeichneten einen Samen pro Blühkopf unter Ausschluss von Bienen, jedoch 56 Samen pro Blühkopf bei mit Bienen gekäfigten Pflanzen. Die Saatgutproduktion in einem Käfig mit einer starken Kolonie war mehr als doppelt so hoch wie jene in einem Käfig mit einer schwachen Kolonie. (Bond und Fyfe, 1968)

Walstrom *et al.* (1951a, b) zeigten, dass die Samenproduktion mit je 100m Distanz zum Bienenstand um 2,9kg/0,4ha abnahm. Auch Zivov und Skvorcov (1951) berichteten, dass die Saatgutproduktion mit steigender Distanz abnahm. 111kg/0,4ha wurden bei 0,5km Distanz zur Bienenquelle verzeichnet, 71,6kg/0,4ha bei 1km bis 1,5km und lediglich 40,8kg/0,4ha bei einer Entfernung von über 1,5km.

Auch Alfalfa Blattschneider-Bienen bestäuben den Rotklee. In Alberta, Kanada, konnte eine Samenertragssteigerung von 291 kg/ ha auf 410 kg/ha durch Einsatz dieser Bienen erreicht werden. (Fahey *et al.*, 1989) Richards (1991) bewertete Blattschneider-Bienen als „sehr gute“ Bestäuber für die Rotkleearten „Norlac“ und „Ottawa“.

Die anderen Arten von Bienen, welche zwar erwähnt wurden, allerdings ohne größeren Einfluss zu haben, beinhalten *Andrena* (Benoit *et al.*, 1948), *Eucera* (Yamada und Ebara, 1952), *Halictus* (Maurizio und Pinter, 1961), *Megachile* (Akerberg *et al.*, 1966), *Melissodes* (Folsom, 1922), *Osmia* (Maurizio und Pinter, 1961; Akerberg *et al.*, 1966), *Psithyrus* (Scullen, 1930) und *Tetralonia* [*Synhalonia*]. (Folsom, 1922)

Jamieson (1955) zeigte, dass durch lokale Wildbienen lediglich 28,58 kg Samen erzielt wurden; durch Verwendung von 2 Kolonien Honigbienen pro 0,4ha konnte der Wert auf 139,25 kg gesteigert werden. Thomas (1951) und Braun *et al.* (1953) erreichten ähnliche Resultate.

Die Unterlagen und Angaben lassen keinen Zweifel daran, dass, wenn nicht genügend Hummeln vorhanden sind (was normalerweise der Fall ist), durch die Verwendung von Honigbienen ihre Leistung unterstützt und die Saatgutproduktion stabilisiert werden kann. Anderen Bestäubern wird wenig Bedeutung beigemessen. (McGregor, 1976)

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)77% bis 89% der Blüten werden von Honigbienen bestäubt. (Neuseeland)
-)70% bis 80% erhöhte Samenproduktion innerhalb von 500 Metern Distanz zum Bienenstand.
-)72,5% erhöhte Samenproduktion mit Honigbienen und anderen heimischen Bienen.
-)Die Blütenröhren des Rotklee sind lang; das Nektarsammeln wird dadurch für die Honigbiene erschwert. (Diploide und tetraploide Variationen unterscheiden sich in der Länge der Blütenröhren. Tetraploide Variationen besitzen normalerweise eine längere Korolla.)
-)Durch Füttern mit Zuckersirup stieg die Polleneinlagerung beim Rotklee um das 5,2fache.
-)50% Reduktion des Saatgutertrags bei Abständen der Bienenstände zwischen 122m und 183m zur Pflanze. Saatgutertrag war geringfügig bei 640m. (USA)
-)Der Ertrag geht zurück wenn die Bienenstände mehr als 0,8 km entfernt sind.

Steigerung des Samenertrags durch Bienenbestäubung beim Rotklee. Data entspricht Anzahl der Samen pro Blühkopf unter verschiedenen Bestäubungsverfahren (Delaplane, 2000):

<i>Pflanzen, gekäfigt mit Honigbienen</i>	<i>Pflanzen, gekäfigt ohne Honigbienen</i>	<i>Nicht gekäfigt</i>	<i>Autoren</i>
61,5	KA	67,3	Richmond (1932)
107	0	57	Crum (1941)
56	1	37	Anderson und Wood (1944)
74,8	0,5	53,8	Durchschnitt

KA = Keine Angaben

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Rotklee:

AUTOR JAHR	ERTRAGSAUSWIRKUNGEN
NEUGSCHWANDTNER (2003)	Tendenziell höhere Erträge, Keimfähigkeit und Vitalität
DELAPLANE (2000)	Parzellen mit Bienen: 74,8 Samen/Köpfchen Parzellen ohne Bienen: 0,5 Samen/Köpfchen

	Freiablühende Parzelle: 53,8 Samen/Köpfchen
ANDERSON und WOOD (1944)	1 Samen/Blühkopf (Käfig ohne Bienen) 56 Samen/Blühkopf (Käfig mit Bienen)
BOND und FYFE (1968)	Saatgutproduktion mit einer starker Kolonie doppelt so hoch wie mit einer schwachen Kolonie
WALSTROM <i>et al.</i> (1951; a,b)	Samenproduktion sinkt pro 100m um 2,9 kg/0,4ha
ZIVOV und SKVORCOV (1951)	111 kg/0,4ha bei 0,5 km Distanz zur Bienenquelle 71,6 kg/0,4ha bei 1-1,5 km Distanz zur Bienenquelle 40,8 kg/0,4ha bei über 1,5 km Distanz zur Bienenquelle
FAIREY <i>et al.</i> (1989)	Samenertragssteigerung von 291 kg/ha auf 410 kg/ha durch Alfalfa-Blattschneiderbiene
JAMIESON (1955)	28,58 kg Samen (durch lokale Wildbienen) 139,25 kg Samen (durch 2 Kolonien/0,4ha)

Empfohlene Bienendichte:

Die Bestäubungsempfehlungen beziehen sich auf Hummeln und Honigbienen. Die Anwesenheit von Hummeln kann durch Bereitstellen von Unterschlüpfen, durch Schutz vor Pestiziden (Fye und Medler, 1954; Hobbs, 1967; Holm, 1966) und dem Pflanzen von nachsaisonalen Kulturen, zur Sicherung der Pollen- und Nektarversorgung, gefördert werden. (McGregor, 1976)

In den meisten Fällen lag der empfohlene Wert an Bienenkolonien zwischen 1 und 3 pro 0,4ha, jedoch wurden auch Empfehlungen von 4, 5, 6 und bis zu 10 Kolonien abgegeben. (McGregor, 1976)

3 bis 7 Bienenstöcke bzw. 3 bis 15 Bienenstöcke/ha werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Einige raten zur Platzierung der Kolonien neben dem Feld, andere empfehlen das Aufstellen der Stöcke direkt im Feld in Gruppen von 10 oder mehr, mit jeweils 91m bis 365m Abstand. (McGregor, 1976) Walstrom *et al.* (1951a, b) schlugen eine ökonomische Distanz von 122m bis 183m zwischen den Kolonien vor.

Dennis und Haas (1967a) verwendeten eine numerische Bewertung für den Nutzen der Bienen bei diploidem Rotklee, basierend auf der Arbeitsgeschwindigkeit der Bienen:

Apis	1,0
Bombus (kurze Zungen)	1,5
Bombus (lange Zungen)	2,5

Ihre überarbeiteten Daten spiegeln folgende Werte wider:

Nektarsammelnde Honigbiene	1,0
Pollensammelnde Honigbiene	1,3
Nektarsammelnde Hummel	1,6
Pollensammelnde Hummel	1,9

Auf Grund dieser Bewertung erachteten sie die pollensammelnde, langzungige Hummel als doppelt so effizient wie die Honigbiene.

Generell ist die Verwendung von starken Kolonien ratsam. (McGregor, 1976)

Empfohlene Bienendichte für Rotklee (Delaplane, 2000):

Bienenstöcke/ha	Autoren
-----------------	---------

10-25	Beard <i>et al.</i> (1948)
2,5-7,4	Hammer (1950)
2,5-5	Thomas (1951); Johansen (1960)
2,5-10	Johansen und Retan (1971)
3-15	Crane und Walker (1984)
7,4-10	Levin (1986)
2,5-8	Kevan (1988)
2,5-10	Scott-Dupree <i>et al.</i> (1995)
7,7	Durchschnitt
<i>Andere Parameter und Bienen</i>	
1,2-21,5 Honigbienen/m ²	McGregor (1976)
1,2 Hummeln/m ²	
2000 langrüsselige Hummeln/ha	Macfarlane <i>et al.</i> (1991)

Die Farbe der Pollenhöschen ist gelb-bräunlich. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Steinklee (*Melilotus MILL.*):

Der Weiße Steinklee, *Melilotus albus* MEDIK., gehört zu den jungen Kulturpflanzen, die aus Arten entwickelt werden, die bis dahin als Unkraut galten. Er hat seine größte Bedeutung in Nordamerika und Kanada erlangt, wo er vor allem als Weidepflanze geschätzt, aber auch als Grün- und Sauerfutter verwendet wird. In Europa wird er besonders in Frankreich angebaut, verdient aber weitere Verbreitung. Er ist sehr anspruchslos, winterhart und hat eine hervorragende Dürre-resistenz. Nur für seine Jugendentwicklung ist Feuchtigkeit nötig. Bei ausreichendem Kalkgehalt des Bodens gedeiht er sowohl auf sehr leichten wie auf schweren Böden und hat vor allem dort Bedeutung, wo andere Futterpflanzen nicht angebaut werden können. Sehr gut ist er zur Besiedlung von Ödland geeignet, wo er sich immer wieder von selbst aussät. (Maurizio, 1994)

Störend für die Verwertung sind der hohe Kumaringehalt und die Neigung zur Verholzung. Durch Züchtung sind bereits kumarinarme Sorten („Alpha“) und einjährige Formen („Hubamklee“) entwickelt worden, und es haben sich Wuchstypen mit Buschform und größerer Blattmasse gezeigt. Neben dem Weißen Steinklee spielen auch der gelbblühende Echte Steinklee, *Melilotus officinalis* L. PALL., und der Hohe Steinklee oder Riesenhonigklee, *Melilotus altissima* THUILL., eine Rolle für die Bienen. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Blütenstände des weißen (*Melilotus albus*) und gelben (*Melilotus officinalis*) Steinklees sind 2,5-10 cm lange Trauben mit bis zu 100 weißen bzw. gelben Röhrenblüten, jede um die 3 mm lang. Die Blütenkrone ist kurz, was bedeutet, dass sowohl kurz- als auch langrüsselige Bienen den Nektar erreichen können. (Delaplane, 2000) Der Nektar selbst hat eine durchschnittliche Zuckerkonzentration von 22-55%. (Shaw, 1953; Montgomery, 1958; Velichkov, 1961; Kropáčová und Miklik, 1970) Die Staubblätter und der Griffel werden von zwei Kronblättern umschlossen, die einen Kiel formen. Sobald eine Biene gegen diesen Kiel presst, treten die Geschlechtsteile der Pflanze hervor, berühren das Insekt und kehren anschließend wieder in ihre ursprüngliche Position zurück, sobald der Druck nachlässt. (Delaplane, 2000)

Der Steinklee blüht 80 bis 90 Tage nach dem Aussäen, für eine Dauer von bis zu 67 Tagen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Die Blüte wird sowohl zur Pollen- als auch zur Nektarsuche angefliegen, jedoch überwiegend auf Grund ihres reichhaltigen Nektarangebots. (McGregor, 1976)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Steinkleesorten reichen von teilweise selbstfertil bis hin zu selbststeril. Zweijährige Sorten, sowohl weiße als auch gelbe, neigen eher dazu selbststeril zu sein als einjährige Sorten. (Sano, 1977) Die Rate einer Selbstbestäubung steigt bei Pflanzen, deren Griffel und Staubblätter die gleiche Länge aufweisen. Der Samenertrag der meisten Steinkleesorten wird durch Fremdbestäubung gesteigert. (Delaplane, 2000)

Blattschneider-Bienen sind sehr gute Bestäuber des kanadischen Steinklees. (Richards, 1991)

Obwohl eine Vielzahl an bestäubenden Insekten den Steinklee befliegt, ist keines auch nur annähernd so wichtig wie die Honigbiene. Kaum eine andere Pflanze ist so attraktiv für Bienen wie der Steinklee. Für eine kommerzielle Bestäubung des Bestands sind Honigbienen mit Abstand am besten geeignet. (McGregor, 1976)

In der Tschechoslowakei zeigten von Insekten isolierte Flächen einen Samenertrag von 9 g Samen pro Quadratmeter, während offene Flächen 54 g produzierten. (Kropáčová und Miklik, 1970) Bei Versuchen in Minnesota wurde festgestellt, dass Felder mit durchschnittlich 5,5 Honigbienen pro m² einen Ertrag von 510 kg/ha lieferten; im Vergleich dazu kamen Felder ohne Bienen, die auf ein paar Hummeln als Bestäuber angewiesen waren, auf 71 kg/ha. (Haws und Holdaway, 1957) Goplen (1960) kam sogar auf Werte von 56 kg/ha bei gekäfigten, bienenfreien Flächen und 560 kg/ha bei offenen Flächen und einem Schnitt von 3,6 Honigbienen pro m².

Mit Hilfe von Bienenvölkern konnte der Saatgutertrag in den USA um das 10fache gesteigert werden verglichen mit von Bienen isolierten Kulturen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

a.) Gelber Melilotus (zweijährig)

Brink (1934) kam auf 5,1% Samenbildung bei nicht bestäubten Blüten, 16,4% bei selbstbestäubten Blüten und 47,1% durch Fremdbestäubung. Kirk (1925) erhielt nur 2,6 Hülsen pro Traube bei gekäfigten Pflanzen, jedoch 63,9 Hülsen pro Traube bei offen bestäubten Pflanzen.

Alex *et al.* (1952) verwendeten die Sorte „Madrid“ und erzielten lediglich 4,99 kg bei gekäfigten Pflanzen, jedoch 130,63 kg bei offenen Flächen. Im folgenden Jahr erhielten sie 58,97 kg/0,4ha bei von Bienen isolierten Pflanzen, 112,49 kg/0,4ha bei mit Bienen gekäfigten Pflanzen und 179,62 kg/0,4ha bei offenen Flächen mit circa einer halben Kolonie pro 0,4ha.

b.) Weißer Melilotus (zweijährig)

Kirk (1925) erhielt 34,9 Hülsen pro Traube bei gekäfigten Pflanzen, bei offener Bestäubung waren es 66,4 Hülsen. Coe und Martin (1920) kamen auf ähnliche Werte, 29% bzw. 66%.

Später kamen Kirk und Stevenson (1931) zu dem Schluss, dass weißer Steinklee durch Selbstbestäubung so gut wie keine Samenbildung aufweist.

Sheppert (1927) berichtet von einem Anstieg des Ertrags um über 100% durch Bienenbestäubung. Munro (1950) erhielt von frei stehenden Pflanzen 22-mal mehr Samen als von gekäfigten.

Alex *et al.* (1952) erhielten 14,97kg/0,4ha Samen der Sorte „Evergreen“ bei gekäfigten Pflanzen, 52,62kg/0,4ha bei ähnlichen Käfigen mit Honigbienen und 66,22 kg/0,4ha bei offenen Flächen mit einer Kolonie pro 0,4ha.

Holdaway *et al.* (1957) kamen ohne Bienen auf einen Wert von 2,72kg/0,4ha; mit Bienen waren es 488,97kg/0,4ha. Bei anderen Versuchen erhielten sie 4,99kg/0,4ha bei ohne Bienen gekäfigten Pflanzen und 130,63kg/0,4ha bei offenen Flächen. Dies zeigt die Wichtigkeit der Bienenbestäubung beim Steinklee, welche schon von Garver *et al.* (1943) und Todd (1957) angedeutet wurde.

c.) Weißer Melilotus (einjährig)

Einjähriger weißer Steinklee fällt in dieselbe Bestäubungskategorie wie der zweijährige Steinklee. Weaver *et al.* (1953) erzielten lediglich 7,26 kg/0,4ha bei der Sorte „Hubam“ unter Ausschluss von Bienen, 71,21 kg/0,4ha bei vergleichbaren Flächen, jedoch mit Bienen gekäfigt und 58,97 kg/0,4ha bei offenen Flächen in einem 80ha Areal mit 55 Bienenkolonien. Die Pflanzen litten allerdings unter einer schwerwiegenden Dürre. Weaver *et al.* (1953) folgerten, dass „Hubam“-Steinklee, welchem eine adäquate Anzahl an Bienen beigelegt wird, bis zu 10 mal mehr Samenertrag produziert verglichen mit Klee, welcher von Bienen isoliert ist.

d.) Gelber Melilotus (einjährig)

Einjähriger gelber Steinklee wird von Bienen befliegen und auch als Honigpflanze angesehen; jedoch ist er nicht annähernd so wichtig wie die anderen Steinkleearten. Er wird als Großteils selbstbestäubende Pflanze erachtet (Lancaster, 1949; Smith, 1927; Todd, 1957), obwohl nur wenige Daten diese Annahme unterstützen. (McGregor, 1976)

Steigerung des Samenertrags durch Bienenbestäubung beim Steinklee. Data entspricht Kilogramm/Hektar unter verschiedenen Bestäubungsverfahren (Delaplane, 2000):

<i>Pflanzen, gekäfigt mit Honigbienen</i>	<i>Pflanzen, gekäfigt ohne Honigbienen</i>	<i>Nicht gekäfigt</i>	<i>Autoren</i>
<i>Zweijährig weiß</i>			
130	37	164	Alex <i>et al.</i> (1952)
KA	12	323	Holdaway <i>et al.</i> (1957)
<i>Einjährig weiß</i>			
176	18	146	Weaver <i>et al.</i> (1953)
<i>Zweijährig gelb</i>			
278	146	444	Alex <i>et al.</i> (1952)

KA = Keine Angaben

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Steinklee (*Allgemein*):

AUTOR JAHR	ERTRAGSAUSWIRKUNGEN
KROPÁCOVÁ und MIKLIK (1970)	9g Samen/m ² (Käfig) 54g Samen/m ² (offene Fläche)
HAWS und HOLDAWAY (1957)	71 kg/ha (keine Bienen) 510 kg/ha (5,5 Honigbienen/m ²)

GOPLEN (1960)	56 kg/ha (Käfig) 560 kg/ha (offene Fläche mit 3,6 Honigbienen/m ²)
www.agric.wa.gov.au , (2010)	Saatgutertrag in den USA durch Bienenvölker um das 10fache gesteigert

Zweijähriger gelber Melilotus:

KIRK (1925)	2,6 Hülsen/Traube (Käfig) 63,9 Hülsen/Traube (offene Fläche)
ALEX <i>et al.</i> (1952)	58,97 kg/0,4ha (Käfig ohne Bienen) 112,49 kg/0,4ha (Käfig mit Bienen) 179,62 (offene Fläche mit ca. 0,5 Kolonien/0,4ha)

Zweijähriger weißer Melilotus:

KIRK (1925)	34,9 Hülsen/Traube (Käfig) 66,4 Hülsen/Traube (offene Fläche)
SHEPPERT (1927)	Ertragsanstieg um über 100% durch Bienenbestäubung
MUNRO (1950)	Freistehende Pflanzen produzieren 22x mehr Samen verglichen mit gekäfigten Pflanzen
ALEX <i>et al.</i> (1952)	14,97 kg/0,4ha (Käfig ohne Bienen) 52,62 kg/0,4ha (Käfig mit Bienen) 66,22 kg/0,4ha (offene Fläche mit 1 Kolonie/0,4ha)
HOLDAWAY <i>et al.</i> (1957)	2,72 kg/0,4ha (ohne Bienen) 488, 97 kg/0,4ha (mit Bienen)
HOLDAWAY <i>et al.</i> (1957)	4,99 kg/0,4ha (Käfig) 130,63 kg/0,4ha (offene Fläche)

Einjähriger weißer Melilotus:

WEAVER <i>et al.</i> (1953)	7,26 kg/0,4ha (Käfig ohne Bienen) 71,21 kg/0,4ha (Käfig mit Bienen) 58,97 kg/0,4ha (offene Fläche von 80ha mit 55 Kolonien)
WEAVER <i>et al.</i> (1953)	Mit ausreichender Bienenanzahl bis zu 10x mehr Samenertrag

Empfohlene Bienendichte:

Jaycox (1971), Munro (1950) und Wheeler (1950) sind der Auffassung, dass eine Kolonie Honigbienen pro 0,4ha ausreichend sei. Todd (1957) empfiehlt ein bis zwei Kolonien pro 0,4ha, Haws und Holdaway (1957) legen 2 Kolonien pro 0,4ha nahe.

Pedersen *et al.* (1961) empfahlen 2 oder mehr Kolonien pro 0,4ha. Smith (1960) riet zu 2 bis 3 Kolonien pro 0,4ha innerhalb eines kurzen Flugradius.

3 bis 7 Bienenstöcke pro Hektar werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Empfohlene Bienendichte für Steinklee (Delaplane, 2000):

Bienenstöcke/ha	Autoren
2,5-25	McGregor (1976)
2,5-5	Levin (1986)
5-8	Kevan (1988)
2,5-7,4	Scott-Dupree <i>et al.</i> (1995)
7,2	Durchschnitt

Die Farbe der Pollenhöschen ist gelb. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Weißklee (*Trifolium repens* L.):

Der Weißklee ist die wichtigste Futterpflanze der Weiden. Er entwickelt oberirdische Kriechtriebe, die sich leicht bewurzeln; er wächst rasch und hat ein gutes Nachwuchsvermögen. Der Weißklee braucht mittelschwere bis schwere Böden und genügend Niederschläge, ist jedoch anpassungsfähiger, d.h. weniger dürre- und kälteempfindlich als der Rotklee und auch weniger bodenempfindlich. Ein weiterer Vorteil des Weißkleees gegenüber dem Rotklee ist, dass er selbstverträglicher ist und schon nach vier Jahren wieder angebaut werden kann, sowie die Tatsache, dass er weniger von tierischen und pflanzlichen Schädlingen befallen wird. (Maurizio, 1994)

Die Züchtung hat besonders langlebige, kleinblättrige Formen für die Weidegebiete Englands und Skandinaviens und kurzlebige, großblättrige Handelstypen, insbesondere für Kleeegrasmischungen und Gründungsuntersaat, entwickelt. Dazu wird auch gelegentlich der hoch- und schnellwüchsige Ladinoklee bzw. Kreuzungen mit diesem verwendet. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Es existieren drei wichtige Typen des Weißkleees: groß, intermediär und klein. Die Erscheinungsform des Blütenstandes ist typisch für die Gattung *Trifolium*. Jeder Blühkopf besitzt zwischen 50-250 Röhrenblüten, die Blühhöhre ist circa 3mm lang, was kurz genug ist um Bienen das Erreichen des Nektars zu ermöglichen. Bei voll geöffneten Röhrenblüten erstrecken sich die Narben über die Antheren hinaus; diese Stellung unterstützt eine mögliche Fremdbestäubung. (McGregor, 1976) Jeder Blühkopf produziert bis zu sieben Samen, durchschnittlich 2,5. (Dunavan, 1952, 1953; Dessureaux, 1950; Green, 1957; Vansell, 1951)

Bei einer hohen Anzahl an Ovule kommt es bei adäquater Bestäubung zu einer hohen Samenbildung. (Dessureaux, 1951) Circa 10 Röhrenblüten pro Blühkopf öffnen sich täglich. (McGregor, 1976)

Die seitlichen Kronblätter sind mit dem Kiel beiderseitig verbunden, so dass sich beide simultan bewegen, wenn das Kielblatt von einer Biene niedergedrückt wird. Der Druck ist ausreichend, um den Staubfaden freizulegen, welcher dann die Unterseite der Biene berührt. Der Staubfaden kehrt wieder in seine ursprüngliche Position zurück, wenn die Biene wegfliegt. Beim Besuch der nächsten Blüte wird der Pollen dann auf die Narbe transferiert und eine Fremdbestäubung ist das Resultat. (Knuth, 1908; McGregor, 1976)

Der Nektarfluss setzt ein wenn die Temperatur 20°C überschreitet. Erhöhte Nektarabsonderung tritt periodisch auf. Die Nektarproduktion reicht von 3,2 bis 12,9 Mikroliter pro Blühkopf. Höhere Werte werden von Klonen im Glashaus erreicht. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Vansell (1951) und andere berichteten, dass Klee der Sorte „Ladino“ nur wenig Nektar produziert und Bienen „Ladino“ hauptsächlich als Pollenquelle nutzen.

Bor verursacht eine gesteigerte Anzahl an Samen pro Blühkopf. (Johnson und Wear, 1967) Als mögliche Gründe für den Anstieg wurden gesteigerte Bienenaktivität und erhöhte Anzahl an Blüten genannt. (McGregor, 1976)

Smith und Johnson (1969) beobachteten jedoch keine gesteigerte Bienenaktivität bei Blüten, welche während der Blüte behandelt wurden; sie kamen zu dem Schluss, dass Bor notwendig sei für die Nektarproduktion, welche indirekt die Bestäubung und die anschließende Samenproduktion beeinflusst.

Weißklee ist die gängigste Hülsenfrucht in Nordeuropa. Sie geben ausreichend Pollen und Nektar, und die

kurzen und intermediären Arten sind die wichtigsten Honigpflanzen in den USA. (Delaplane, 2000)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Weißklee ist Großteils selbststeril und benötigt Pollen einer anderen Weißkleepflanze um Samen zu produzieren. Es existieren aber auch einige wenige, durch Inzucht hervorgebrachte, selbstfertile Sorten. (Michaelson-Yeates *et al.*, 1997) Auch Martin (1930), Erith (1924) und Williams (1931) berichteten, dass Selbstbestäubung nur selten vorkommt.

Trotz ihrer Selbststerilität ist es typisch, dass die Narben des Weißkleees mit eigenem Pollen bedeckt sind noch bevor die Blüte zur Gänze geöffnet ist. (Thomas, 1987; Rodet *et al.*, 1998) Von den circa 300 Pollenkörnern pro Narbe sind durchschnittlich 137 Stück eigene Pollenkörner, die selten die Fähigkeit besitzen, die weiblichen Samenzellen erfolgreich zu befruchten. Eine Biene kann mit einem einzigen Anflug 115 zusätzliche Körner auf der Narbe deponieren; dadurch wird allerdings weder ein genügender Sättigungsgrad noch ein optimales Verhältnis an kompatiblen Pollen erreicht. Multiple Bienenanflüge sind daher notwendig, um die Pflanze mit ausreichend Fremdpollen zu versorgen. Durchschnittlich vergrößert ein Anflug die Wahrscheinlichkeit einer Befruchtung der Ovarien um 60-70%, während bei mehreren Anflügen die Chance auf 90% steigt. (Rodet *et al.*, 1998)

Nicht bestäubte Einzelblüten bleiben für eine Woche geöffnet, jedoch ist der optimale Zeitpunkt für eine Fremdbestäubung kurz nach dem Öffnen. (Delaplane, 2000) Auch Wheeler und Hill (1957) gaben an, dass die Röhrenblüten schon am Tag der Öffnung bestäubt werden sollten.

Einzelblüten, die am fünften Tag bestäubt werden, haben eine um 60% geringere Wahrscheinlichkeit Samen zu produzieren als bei einer Bestäubung am ersten Tag. (Jakobsen und Martens, 1994) Einzelblüten verwelken innerhalb von Stunden nach erfolgter Bestäubung und färben sich braun. (Rodet *et al.*, 1998) Felder, die frisch wirken und kaum verwelkte Blüten aufweisen, werden nicht ausreichend bestäubt und benötigen mehr Bienen. (Delaplane, 2000)

Die Honigbiene ist der wichtigste Bestäuber des Weißkleees. Die Pflanze ist äußerst attraktiv für Bienen und wird so gut wie überall von ihr befliegen. (Atwood, 1943) Folgende Ergebnisse spiegeln ihren Nutzen wieder:

Williams (1931) kam auf 5,8 Samen pro Blühkopf bei selbstbestäubten Pflanzen; Palmer-Jones *et al.* (1962) beobachteten bei von Bienen isolierten Pflanzen gar keine Samenbildung.

Dunavan (1952, 1953) verzeichnete weniger als 3 Samen pro Blühkopf in Käfigen ohne Bienen, jedoch 90 Samen bei deren Anwesenheit.

Gekäfigte Flächen, welche kleine Bienenkolonien enthielten, gaben 7-mal mehr Ertrag als Flächen, welche von Bienen isoliert wurden. (Weaver, 1957) [siehe Tabelle]

Weißklee Samen (in Pfund) pro 0,4ha in jeder der 15 Flächen mit folgender Behandlung:

BEHANDLUNG	SAMENANZAHL pro 0,4ha (in Pfund)					DURCHSCHNITT
Gekäfigt mit Bienen	98	63	139	36	76	82
Gekäfigt ohne Bienen	1	5	8	15	29	12
Keine Käfige	133	102	156	159	93	129

(Weaver, 1957)

Vansell (1951) erhielt keine Samen bei gekäfigten Pflanzen der Sorte „Ladino“; offene Blühköpfe, welche von Bienen befliegen wurden, produzierten durchschnittlich jeweils 247,6 Samen. Die Mehrzahl der Hülsen enthielten 2 oder 3 Samen.

Bohart (1960) gab an, dass Wildbienen offenbar ein unbedeutender Faktor bei der Bestäubung des Weißklees unter kommerziellen Bedingungen sind; dennoch werden *Osmia*, *Halictus*, *Tetralonia* [*Synhalonia*] und *Bombus* vorzugsweise auf Blüten des Weißklees angetroffen.

Pedersen *et al.* (1961) vertrat die Meinung, dass Hummeln und viele andere Wildbienen nützlich seien.

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)Die Samenproduktion stieg um das 17fache.
-)21% erhöhter Ertrag wurde bei der Variation *Haifa* beobachtet. (New South Wales)
-)Die Samenproduktion betrug 92kg/ha mit Bienenaktivität, 13,4 kg/ha ohne Bienen und 145 kg/ha auf offener Fläche. (USA)
-)Honigbienen sind die zahlenmäßig stärksten bestäubenden Insekten in den USA.

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Weißklee:

AUTOR JAHR	ERTRAGSAUSWIRKUNGEN
DUNAVAN (1952; 1953)	< 3 Samen/Blühkopf (ohne Bienen) 90 Samen/Blühkopf (mit Bienen)
VANSELL (1951)	Gekäfigte Flächen → keine Samenbildung Offene Flächen mit Bienenbeflug → durchschnittlich 247,6 Samen
WEAVER (1957)	12 Pfund/0,4ha (ohne Bienen) 82 Pfund/0,4ha (mit Bienen)

Empfohlene Bienendichte:

Green (1956, 1957) berichtete, dass eine Kolonie pro 6ha bis 8ha ausreichend war. Weaver (1957a) kam zu dem Schluss, dass bei idealen Bedingungen eine starke Kolonie in der Lage sei, alle Blüten einer Fläche von 1,2ha zu befliegen.

Oertel (1943) empfahl zuerst 1 bis 2 Kolonien pro 0,4ha, später (1954) nicht weniger als eine starke Kolonie pro 0,4ha und schlussendlich (1961) erachtete er eine Kolonie für eine Fläche von 1,2ha als ausreichend, wenn keine Konkurrenzpflanzen vorhanden sind.

Owen (1953), Lyle (1944) und Eckert (1959) raten zu einer starken Kolonie pro 0,4ha. Sie definieren eine starke Kolonie als ein Volk mit mindestens 7 Brutwaben und ausreichend Bienen, um 15 Rähmchen in einem zweizargigen Stock zu bedecken.

Wheeler und Hill (1957), Osterli und Miller (1951) und Miller *et al.* (1952) empfehlen 1 bis 1,5 Kolonien pro 0,4ha. Pedersen *et al.* (1961) raten zu 1 bis 2 starken Kolonien pro 0,4ha.

Smith (1953) empfiehlt 2 bis 3 Kolonien pro 0,4ha, Smith *et al.* (1971) hingegen eine Kolonie pro 0,4ha.

Paddock (1946) empfiehlt 5 bis 10 Kolonien für eine Fläche von 4ha.

3 bis 7 Bienenstöcke pro Hektar werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Harrison *et al.* (1945) merken an, dass Weißkleefelder nicht weiter als 3,21km vom Bienenstand entfernt sein sollten, vorzugsweise weniger als 1,6km.

Lancaster (1949) rät zu einer Kolonie pro 0,4ha innerhalb eines 2,4km Radius.

Hollowell (1936) empfahl eine Platzierung der Stöcke in der Nähe von Kleefeldern, später (1942) direkt neben diesen.

Empfohlene Bienendichte für Weißklee (Delaplane, 2000):

Bienenstöcke/ha	Autoren
0,2	Palmer-Jones <i>et al.</i> (1962)
0,1-5	McGregor (1976)
2-3	Crane und Walker (1984)
2,5-5	Levin (1986)
5-8	Kevan (1988)
0,1-7,5	Williams (1994)
2,5-7,5	Scott-Dupree <i>et al.</i> (1995)
3,7	Durchschnitt

„Ladino“

5	Scullen (1956)
<i>Andere Parameter</i>	
2,4 Honigbienen/m ²	Scullen (1956)

Die Farbe der Pollenhöschen ist grau-weiß. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Kraut und andere kruzifere Samen (*Brassica oleracea* L.):

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Zu den kruziferen („kreuztragenden“) Pflanzen zählen, neben Kraut, Blumenkohl, Broccoli, Rosenkohl, Kohlrabi und Grünkohl. Sie besitzen großflächige Blätter und sind zweijährige Pflanzen, mit Ausnahme des Blumenkohls, der einjährig ist. Der Blütenstängel verfügt über viele Zweige, kleine Blätter und hellgelbe oder –weiße Blüten und verlängert sich nach Ende des Blattwachstums. Jede Blüte besitzt vier Kronblätter mit einer Länge von 1,3 bis 2,5 cm, die ein Kreuz bilden, daher der Name Kreuzblütler. Neben den Kronblätter haben kruzifere Gewächse sechs Staubblätter, von denen zwei kürzer und vier länger sind als der Griffel, an dessen Ende sich eine einzelne Narbe befindet. Die Blüte öffnet sich morgens, jedoch geben die Antheren erst ein paar Stunden später Pollen ab. Nektar wird an der Basis der Staubblätter und Samenanlage abgesondert. (Delaplane, 2000) Die durchschnittliche Nektarproduktion liegt bei 1,1 mg bis 1,7 mg pro Blüte. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Die Blüte bleibt für einen Zeitraum von drei Tagen geöffnet und wird von Bienen als Pollen- und Nektarquelle genutzt. (Delaplane, 2000)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Kreuzblütler im Allgemeinen benötigen zu 95% Fremdbestäubung, wobei einige Blumenkohlsorten selbstfertil sind. Selbstbestäubung reduziert normalerweise Samenertrag und Samengröße, verglichen mit Fremdbestäubung. (McGregor, 1976) Wind ist kein guter Bestäuber, somit spielen Bienen eine wichtige Rolle beim Transportieren von Pollen. Dies bewahrheitet sich umso mehr in der Produktion von Hybridsamen, wo viele Mutterpflanzen männlich-steril sind und auf Bienen zum Bestäuben angewiesen sind. (Delaplane, 2000) 84-100% Bestäubungsleistung kann auf die Honigbiene zurückgeführt werden, was sie somit zum primären Bestäuber macht. (McGregor, 1976) Bestäubung und Ertrag werden durch mehrere Bienenanflüge für den Zeitraum einiger Tag optimiert. (Mayer, 1986)

Der Wert der Bienenbestäubung bei Blumenkohl zeigt sich bei Versuchen mit gekäfigten Pflanzen. Den höchsten Schnitt erzielten mit Honigbienen gekäfigte Pflanzen (32% Blüten produzieren Schoten, 380 Schoten und 2953 Samen pro Pflanze), gefolgt von Hummeln (30%, 388 Schoten, 2881 Samen) und schließlich isolierte Pflanzen ohne bestäubende Insekten (25%, 282 Schoten, 1623 Samen). Obwohl die Samen der durch Bienen bestäubten Pflanzen um 6% weniger wogen, produzierten sie trotzdem eine Erntemenge von 8,5 g Samen pro Pflanze, verglichen mit 4,5 g bei Abwesenheit von bestäubenden Insekten. (Woyke *et al.*, 1982, 1983)

Rauala (1972) berichtet, dass mit Honigbienen gekäfigter Blumenkohl einen 68%igen Fruchtansatz, 9,1 Samen pro Schote und 627 Samen pro 100 Blüten produziert, verglichen mit 9% Fruchtansatz, 2,3 Samen pro Schote und 28 Samen pro 100 Blüten in Käfigen ohne Bienen. Muhammed *et al.* (1973) fand heraus, dass die Anwesenheit von Honigbienen bei gekäfigten Pflanzen die Samenernte um 129% erhöht. Versuche von Varma und Joshi (1983) zeigten einen Fruchtansatz und eine Samenanzahl pro Schote von 19% bzw. 2,3 Stück bei isolierten Pflanzen, 45% bzw. 4,0 bei Pflanzen in Netzkäfigen, die größere Insekten abhielten, und 93% bzw. 6,4 bei frei liegenden Pflanzen. Sihag (1986) kam bei seinen Versuchen auf einen Wert von 978 Schoten pro Pflanze, 16,5 Samen pro Schote und 307 g Samen pro Pflanze bei frei liegenden Kulturen. Dem gegenüber stehen 13 Schoten pro Pflanze, 3,7 Samen pro Schote und 1 g Samen pro Pflanze bei Isolation.

70% der Fremdbestäubung findet zwischen 9 und 15 Uhr statt, der meiste Fruchtansatz war festzustellen, wenn Bienenanflüge zwischen 11 und 13 Uhr stattfanden. (Dhaliwal und Bhalla, 1981)

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)Ca. 30% der Saatgutproduktion kann der Honigbiene zugeschrieben werden.
-)17,2 bis 18,2fache Erhöhung der Saatguternte gegenüber keiner Bienenaktivität. (China)
-)96% der Blüten produzieren Samen.
-)Bienen erhöhten den Saatgutertrag beim Chinakohl. (Nepal)
-)85% bis 100% der Bestäubungsleistung erfolgte durch die Honigbiene. (UdSSR)
-)Die Bienenbestäubung erhöhte den Saatgutertrag um 300%. (UdSSR)

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Kreuzblütler:

AUTOR JAHR	ERTRAGSAUSWIRKUNGEN
WOYKE <i>et al.</i> (1982; 1983)	25% Schotenbildung, 282 Schoten, 1623 Samen (Käfig ohne Insekten) 32% Schotenbildung, 380 Schoten, 2953 Samen (Käfig mit Bienen)

	30% Schotenbildung, 388 Schoten, 2881 Samen (Käfig mit Hummeln)
WOYKE <i>et al.</i> (1982; 1983)	4,5g Samen/Pflanze (keine Insekten) 8,5g Samen/Pflanze (mit Bienen)
RAUALA (1972)	9% Fruchtansatz, 2,3 Samen/Schote, 28 Samen pro 100 Blüten (Käfig ohne Bienen) 68% Fruchtansatz, 9,1 Samen/Schote, 627 Samen pro 100 Blüten (Käfig mit Bienen)
MUHAMMED <i>et al.</i> (1973)	Käfige mit Bienen = Samenernte um 129% erhöht
VARMA und JOSHI (1983)	19% Fruchtansatz, 2,3 Samen/Schote (Käfig ohne Insekten) 45% Fruchtansatz, 4,0 Samen/Schote (Käfig mit kleinen Insekten) 93% Fruchtansatz, 6,4 Samen/Schote (offene Flächen)
SIHAG (1986)	13 Schoten/Pflanze, 3,7 Samen/Schote, 1g Samen/Pflanze (keine Insekten) 978 Schoten/Pflanze, 16,5 Samen/Schote, 307g Samen/Pflanze (offene Flächen)

Empfohlene Bienendichte:

Empfohlene Bienendichte für Kreuzblütler (Delaplane, 2000):

Bienenstöcke/ha	Autoren
Offene Samenproduktion	
5-10	McGregor (1976)
2,5	Mayer (1986)
5	Durchschnitt
Hybride Samenproduktion	
5	Mayer (1986)

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Kürbis und Melone (*Cucurbitaceae* JUSS.)

Im Jahr 2009 wurden in Österreich 7.691 Tonnen Ölkürbis auf einer Fläche von 19.685 Hektar geerntet. (Grüner Bericht, 2010)

Die Kultur der Kürbisarten lässt sich in Südamerika bis ins 4. Jahrtausend v. Chr. nachweisen. Nach 1492 wurden sie in Europa eingeführt. Der Riesenkürbis, *Cucurbita maxima* DUCH., mit Früchten bis zu 100 kg, wird heute hauptsächlich als Viehfutter angebaut. Dagegen hat der Anbau des Gartenkürbisses (Zucchini, Zucchetti), *Cucurbita pepo* L., var. *Giro-montii*, in den letzten Jahren stark zugenommen. (Maurizio, 1994)

Die Melone mit ihren kugeligen, süßen Früchten wird nur in ausgesprochen warmen Gebieten angebaut. Ebenso wärmebedürftig ist die anspruchslosere, als billige, durstlöschende Frucht bekannte Wassermelone, *Citrullus lanatus* (THUNB.) MATSUM. et NAKAI. Sie wird hauptsächlich in Italien, Ungarn, Rumänien, Südrussland und in Afrika angebaut. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Blüten des Kürbisses sind groß, einzeln, auffallend und cremefarben bis dunkel orange gefärbt. (Jones und Rosa, 1928) Pflanzen der Gattung *Cucurbita* sind normalerweise einhäusig, was bedeutet, dass sowohl männliche als auch weibliche Blüten auf der gleichen Pflanze vorkommen. Die Anzahl der männlichen Blüten übersteigt die der weiblichen um das Verhältnis 3,5:1 bis zu 10:1. Sie befinden sich am Ende eines schmalen

Stängels und besitzen drei Antheren. Die weibliche Blüte sitzt am Ende eines kurzen Stiels und hat einen dicken Griffel sowie eine zweilappige Narbe. Die geschwollene Samenanlage befindet sich an der Basis der Blütenkrone und ist in 3-5 Sektionen unterteilt. Im Gegensatz zu männlichen Pflanzen, die Nektar und Pollen produzieren, geben sie nur Nektar ab, dafür aber in größeren Mengen und werden deshalb von Bienen bevorzugt angefliegen. (Nepi und Pacini, 1993)

Die Nektarabsonderung beträgt beim Riesenkürbis 201mg und beim Gartenkürbis bis 98,4mg je Blüte, bei einem Zuckergehalt – je nach Zuchtsorte – zwischen 16,0 und 65,4%, wobei der Rohrzuckeranteil überwiegt. Die Pollenproduktion liegt bei 15 000 Pollenkörner je Blüte und 2,5 Millionen je Pflanze, die Pollenmenge wird auf 54mg je Blüte geschätzt. (Maurizio, 1994).

Die Blüte öffnet sich früh am Morgen und schließt sich um die Mittagszeit desselben Tages; eine weitere Öffnung findet nicht statt. (Skinner und Lovett, 1992; Nepi und Pacini, 1993) Amaral und Mitidier (1966) beobachteten, dass sich die Blüten von *C. Pepo* vor Sonnenaufgang öffneten und vor 11 Uhr wieder schlossen. Atwal (1970) verzeichnete Anflüge von bestäubenden Insekten zwischen 7 Uhr und 10 Uhr 30, „während sich die Blüten zu schließen beginnen.“

Hurd (1966) bemerkte, dass, abhängig von Wetter und Jahreszeit, die Blüten sich vor Tagesanbruch oder kurz danach öffneten und, bei heißem Wetter, um 8 Uhr bis 9 Uhr verwelken und schließen; andernfalls bleiben sie bis Mittag geöffnet. Auch Hawthorn und Pollard (1954) beobachteten eine Öffnung der Blüte um 5 Uhr, eine Schließung erfolgte gegen Mittag. Eine Bestäubung ist daher frühmorgens am Effektivsten, besonders vor 9 Uhr. (McGregor, 1976) Honigbienen befliegen die Blüten intensiv von 6 Uhr bis 12 Uhr, maximale Aktivität wurde zwischen 8 Uhr und 9 Uhr beobachtet. (Sanduleac, 1959)

Eisa und Munger (1968) berichteten über männliche und weibliche Sterilität bei *C. pepo*, Scott und Riner (1946) beobachteten männliche Sterilität bei *C. maxima*.

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Auf Grund ihrer Einhäusigkeit sind Insekten, vor allem Bienen, notwendig, um Pollen von der männlichen zur weiblichen Blüte zu transportieren. (Skinner und Lovett, 1992)

Wegen ihrer geringen Größe sind Honigbienen nicht optimal situiert für den Transport der relativ großen Pollenkörner; jedoch sollte ihre Wichtigkeit beim Bestäuben des Kürbisbestands nicht unterschätzt werden. (Michelbacher *et al.*, 1964)

Wind ist für die Gattung *Cucurbita* kein geeigneter Bestäuber. Die Entwicklungsfähigkeit des Pollens bei frisch geöffneten männlichen Blüten beträgt 92%, zum Zeitpunkt des Schließens am selben Morgen 75% und am nächsten Tag nur noch 10%. (Nepi und Pacini, 1993) Es ist daher wichtig für die weibliche Blüte so früh wie möglich bestäubt zu werden, bevor der Pollen seinen Nutzen verliert. (Delaplane, 2000)

Die Rate der Fruchtbildung ist bei Selbst- und Fremdbestäubung ähnlich; jedoch bringen fremdbestäubte Kürbisse größere Früchte hervor. (Girish, 1981) Unterschiedliche Variationen derselben Spezies, sogar unterschiedliche Spezies selbst, können sich kreuzen, indem der Pollen der einen Sorte eine samenlose Fruchtbildung bei der anderen stimuliert. Dieses Phänomen führt zwar nicht zur Kontaminierung der Samen, reduziert aber die endgültige Samenernte. (Free, 1993) Daraus folgt, dass die verschiedenen Variationen

voneinander getrennt werden müssen, um große Mengen Samen zu produzieren. (Delaplane, 2000)

Kürbisbienen (*Peponapis pruinosa*) und Honigbienen sind die wichtigsten Bestäuber für die Spezies *Cucurbita*. Verglichen mit den Honigbienen kommen Kürbisbienen öfter mit den Geschlechtsteilen der Pflanze in Berührung, bearbeiten die Pflanze schneller und früher am Morgen. Trotz all dieser wünschenswerten Eigenschaften sind Kürbis- wie Honigbienen bei der Fruchtbildung gleich effizient. (Tepedino, 1981) Bienenanflüge und die Fruchtbildung bzw. Samenanzahl sind direkt proportional. Mit der Anzahl der Pollenkörner, die auf die Narbe gelangen, erhöht sich auch die Bildung der Samen. (Winsor *et al.*, 1987) So gut wie alle Autoren messen der Honigbiene bei der Bestäubung von *Cucurbita* die meiste Bedeutung bei. (Pammel und Beach, 1894; Jones und Rosa, 1928; Jones und Emsweller, 1931; Thompson *et al.*, 1955; Whitaker und Davis, 1962; Battaglini, 1969; Langridge, 1952; Nevkryta, 1953; Robinson, 1952; Sanduleac, 1959; Verdieva und Ismailova, 1960; Wolfenbarger, 1962)

Einige Spezies wilder Bienen sind sehr effektive Bestäuber, jedoch ist ihre Anzahl und Reichweite so gering, dass sie von keiner ökonomischen Signifikanz sind. (McGregor, 1976)

Bei inadäquater Bestäubung sind Honigbienen die einzige Lösung. (Langridge, 1954) Bei der kommerziellen Kürbisproduktion scheint es keine Zweifel zu geben, dass die Honigbiene der einzige effektive Bestäuber ist, welcher in ausreichender Anzahl zur Bestäubung bereitgestellt werden kann. (McGregor, 1976)

Unsere Versuche mit Ölkürbissen in der Steiermark haben im Jahr 2006 folgende Ergebnisse gebracht: Parzellen, mit Honigbienen gekäfigt, hatten einen Mehrertrag von 27% gegenüber frei abblühenden Parzellen. Gekäfigte Parzellen ohne Bienen führten in der Regel zu keinem Ertrag. (Mandl, 2007)

Wolfenbarger (1962) zeigte den Zusammenhang zwischen Kolonien und gesteigerter Kürbisproduktion. Bei keinen bereitgestellten Kolonien verzeichnete er 148 Einheiten, bei einer halben Kolonie pro 0,4ha kam er auf 155 Einheiten; bei einer Kolonie pro 0,4ha lag der Wert bei 161 Einheiten, bei 2 bzw. 3 Kolonien pro 0,4ha wurden 168 bzw. 173 Einheiten erzielt. Bei offenen Flächen verzeichnete er 4,2 Kürbisse pro 0,84m², während der Wert bei von Bienen isolierten Pflanzen nur 0,82 Kürbisse pro 0,84m² betrug.

Verdieva und Ismailova (1960) berichteten, dass Pflanzen, welche von Honigbienen bestäubt wurden, 47 bis 57kg Kürbis produzierten, während Pflanzen, welche durch andere (nicht genau angegebenen) Methoden bestäubt wurden, lediglich 25 bis 30 kg hervorbrachten. Nevkryta (1953) steigerte die Produktion um das 3 bis 3,4fache durch erhöhte Bienenaktivität. Er erreichte dies durch stimulierendes Füttern.

Battaglini (1969) verzeichnete eine 61,2%ige Bildung bei Stempelblüten, welche Bienenbeflug erhielten, verglichen mit 6,8% bei gekäfigten Blüten. Der verantwortliche Pollenüberträger bei den gekäfigten Pflanzen wurde nicht genannt.

Bei Girish (1981) kam es bei gekäfigten, von Bienen isolierten Blüten, zu gar keiner Fruchtbildung; verglichen mit 46% bei mit *Apis cerana* gekäfigten und 57% bei freiliegenden Pflanzen. Versuche von Grewal und Sidhu (1979) zeigten eine deutliche Verbesserung des Ertrags mit zunehmender Anzahl an Bienenanflügen. Nach 1-2

Blütenbesuchen der *Pithitis smaragdula* Biene wurde eine Fruchtbildung zu 25% nachgewiesen, nach 5 Besuchen stieg der Wert auf 41% und bei 10 Anflügen auf 47%. In Indien zeigte sich nach einem Bienenanflug ein Fruchtansatz von 30%; nach sieben Blütenbesuchen lag der Wert bei 100% und die Anzahl der Samen pro Frucht erhöhte sich von 91 (nach einem Anflug) auf 214 (nach 10 Anflügen). (Girish, 1981)

Untersuchungen der Wassermelone in Florida zeigten, dass die Anzahl der Bienenbesuche wichtiger ist als die Aufenthaltsdauer jeder einzelnen Biene auf den Blüten. Wohlgestaltete, voll entwickelte Früchte traten nach 8 Bienenanflügen zu weiblichen Blüten auf. Die Fruchtbildung war erheblich reduziert, wenn lediglich 2-4 Bienenanflüge gegeben waren. Demnach scheint es, als ob eine ausreichend hohe Honigbiendichte notwendig wäre um sicherzustellen, dass jede Blüte zumindest 8-mal angeflogen wird. (McLaurin, /)

Bienen sind nicht nur Großteils für die Fruchtbildung bei Standardkulturen verantwortlich; ihre Bedeutung ist bei Hybridkulturen sogar noch größer. Curtis (1939) verzeichnete 59 Früchte bei der Hybridkultur, verglichen mit 25-27 bei den elterlichen Pflanzen. (McGregor, 1976) Auch Hutchins und Croston (1941) verzeichneten signifikant höhere Erträge bei 7 von 10 Kreuzungen, und die Fruchtbildung aller Kreuzungen war erheblich früher zu beobachten als bei den elterlichen Linien.

Effekte erhöhter Bienenanflüge auf die Blüten der Spezies *Cucurbitaceae* (Delaplane, 2000):

Ort	Getestete Biene(n)	Schlussfolgerung	Autoren
Illinois, USA	Honigbiene	Wenn d. Anzahl d. Bienenanflüge bei Kürbisblüten von 1 auf 12 steigt, erhöht sich d. Fruchtansatz von 6% auf 64% und d. Samenanzahl/Frucht steigt von 273 auf 366.	Jaycox <i>et al.</i> (1975)
India	Asiatische Honigbiene	Wenn d. Anzahl d. Bienenanflüge bei Zucchini Blüten von 1 auf 7 steigt, erhöht sich d. Fruchtansatz von 30% auf 100%.	Girish (1981)
Utah, USA	Honigbiene, Kürbisbiene	Ein Bienenanflug resultiert in 22% Fruchtansatz bei der Zucchini; mehrere Anflüge ergeben einen Fruchtansatz von 66%.	Tepedino (1981)

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)Bis zu fünfmal mehr Fruchtbildung verglichen mit gekäfigten Pflanzen.
-)Der Ertrag bei offenen Flächen sinkt mit der Distanz (15 m bis 195 m) zum Bienenstand.
-)Der Ertrag kann mit durchschnittlich 7,5 Bienenstöcken pro Hektar um knapp 17% gesteigert werden im Vergleich zu einem Hektar ohne Kolonien.
-)Der Grad der Fruchtbildung und die Samengröße steigt mit der Anzahl der Bienenanflüge.
-)Durch Honigbienen bestäubte Kürbisse hatten ein durchschnittliches Gewicht von 47 kg bis 57 kg pro Versuchspazelle, während unter anderen, nicht spezifizierten Methoden das durchschnittliche Gewicht bei 25kg bis 30kg lag (UdSSR).
-)Der Honigertrag liegt zwischen 51kg - 100 kg pro Hektar.

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Kürbis und Melone:

AUTOR JAHR	ERTRAGSAUSWIRKUNGEN
WOLFENBARGER (1962)	148 Einheiten (keine Kolonien) 155 Einheiten (0,5 Kolonien/0,4ha) 161 Einheiten (1 Kolonie/0,4ha) 168 Einheiten (2 Kolonien/0,4ha) 173 Einheiten (3 Kolonien/0,4ha)
WOLFENBARGER, (1962)	0,82 Kürbisse/0,84m ² (keine Bienen) 4,2 Kürbisse/0,84m ² (offene Flächen)
VERDIEVA und ISMAILOVA (1960)	47-57 kg (Bestäubung durch Honigbienen) 25-30 kg (andere Bestäuber)
NEVKRYTA (1953)	Durch stimulierendes Füttern → erhöhte Bienenaktivität → 3 bis 3,4fache Produktion
BATTAGLINI (1969)	6,8% Fruchtbildung (Käfig) 61,2% Fruchtbildung (durch Bienenanflüge)
GIRISH (1981)	Keine Fruchtbildung (Käfig ohne Bienen) 46% Fruchtbildung (Käfig mit <i>Apis cerana</i>) 57% Fruchtbildung (freistehende Pflanzen)
GREWAL und SIDHU (1979)	1-2 Anflüge durch <i>Pithitis smaragdula</i> = 25% Fruchtbildung 5 Anflüge durch <i>Pithitis smaragdula</i> = 41% Fruchtbildung 10 Anflüge durch <i>Pithitis smaragdula</i> = 47% Fruchtbildung
GIRISH (1981)	1 Bienenanflug = 30% Fruchtansatz 7 Bienenanflüge = 100% Fruchtansatz
GIRISH (1981)	1 Bienenanflug = 91 Samen/Frucht 10 Bienenanflüge = 214 Samen/Frucht

Empfohlene Bienendichte:

2 bis 12 Bienenstöcke pro Hektar werden empfohlen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Empfohlene Bienendichte für *Cucurbita sp.* (Delaplane, 2000):

Bienenstöcke/ha	Autoren
2,5	Hughes <i>et al.</i> (1982)
0,09-7,4	McGregor (1976)
2-4	Goebel (1984)
2,5-5	Levin (1986)
1-8	Kevan (1988)
2,5-7,4	Scott-Dupree <i>et al.</i> (1995)
2,5-5	Skinner (1995)
3,8	Durchschnitt
<i>Andere Bienen</i>	
1 Kürbisbiene pro 20 Blüten	Abgeleitet von Tepedino (1981)

Die Farbe der Pollenhöschen ist gelb-orange. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Lein (*Linum L.*):

Der Lein gehört mit Gerste und Weizen zu unseren ältesten Kulturpflanzen. Er ist eine sehr vielseitig

verwendbare Pflanze: Die Faserbündel in der Rinde des Stängels werden zu feinen Garnen und Geweben verarbeitet, die ölhaltigen Samen liefern ein schnellrocknendes, besonders technisch verwendbares Öl, die Pressrückstände bilden ein nahrhaftes Futtermittel, aber auch als Nahrungs- und Heilmittel finden die Leinsamen Verwendung. Auslese und Züchtung sind in entsprechend viele Richtungen erfolgt. (Maurizio, 1994)

Unter den vielen Kulturformen ist am wichtigsten der einjährige Sommerlein, in seiner kleinsamigen Form (Tausendkorngewicht = 3,4-5,3g) als Faserlein, in seiner großsamigen Form (Tausendkorngewicht = 5,4-15g) als Öllein genutzt. (Maurizio, 1994)

Die Hauptanbaugebiete des Faserleins liegen in Nord- und Mitteleuropa, Nordafrika und Westasien, sind aber in den letzten Jahrzehnten sehr stark zurückgegangen. Durch Umstrukturierungsmaßnahmen in der Landwirtschaft scheinen aber wieder neue Anbaugebiete zu kommen. (Maurizio, 1994)

Anbaugebiete des Ölleins liegen in Nord- und Südamerika, Indien und Pakistan. Ölfaserleine, die beiden Verwendungszwecken dienen, werden in den Mittelmeerländern kultiviert. Neben dem Saatlein gibt es einige in Mitteleuropa heimische Arten, vor allem im südlichen Teil und im Gebirge, sowie eine Anzahl sehr hübscher einjähriger und ausdauernder Zierpflanzen. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Blüte des Leins (*Linum usitatissimum*) misst 2-3cm im Durchmesser und besitzt fünf kleine Kelchblätter sowie fünf hellblaue oder weiße Kronblätter. Das Ovarium hat fünf Kammern mit jeweils zwei Ovule und wird von fünf aufrechten Griffeln überragt. Die Filamente der fünf Staubblätter sind an ihrer Basis verbreitert. (Free, 1993), an ihren Außenseiten liegen die Nektarien. (Maurizio, 1994).

An warmen, klaren Tagen beginnen sich die Blüten bei Sonnenaufgang zu öffnen; kurz darauf platzen die Antheren auf und geben Pollen nach innen ab. (Free, 1994)

Die Blüten sind gegen 7 Uhr vollständig geöffnet und die Kronblätter fallen zwischen 10 Uhr 30 und 12 Uhr ab. An kühlen, bewölkten Tagen ist die Blütenöffnung verzögert und es kommt mitunter vor, dass sie sich bis zum nächsten Tag nicht vollständig öffnen. (Howard *et al.*, 1919; Dillman, 1938; Gubin, 1945a)

Bei der Blütenöffnung berühren die aufgeplatzten Antheren die Narben und eine Selbstbestäubung kann somit auftreten. Kurz darauf fallen die Antheren zusammen und formen ein „Hütchen“ über den Narben. (Free, 1993)

Es wird berichtet, dass sich der Nektarertrag des Leins auf 0,79mg pro Blüte/Tag (Hansson, 1980) mit einer Zuckerkonzentration von 26% (Petkov, 1980), 33% (Hansson, 1980) bzw. 49% (Vansell und Eckert, 1941) beläuft.

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Es ist demnach wenig überraschend, dass *L. usitatissimum* fast komplett selbstbestäubend ist, und dass die zwei kultivierten Formen, Lein bzw. Leinsamen, individuell blieben, obwohl Kreuzungen zwischen ihnen möglich sind. Ein kleiner Prozentsatz an Fremdbestäubung tritt auf, normalerweise 1-2%. (Howard *et al.*, 1919)

Henry und Tu (1928) in Minnesota, USA, und B.B. Robinson (1937) in Michigan und Oregon, USA, bauten weiß- und blaublühende Kulturen in alternierenden Reihen an und fanden heraus, dass der Prozentsatz an Fremdbestäubung mit steigender Distanz zwischen den Reihen sank. [siehe Tabelle]

% Hybride v. weißblühenden Kulturen	Ungefähre Distanz zw. den Reihen (cm)					
	15	30	60	90	120	150
Minnesota	/	1,3	0,9	0,5	0,5	0,3
Michigan	0,7	1,0	1,1	0,7	0,6	/
Oregon	0,7	0,4	0,2	0,2	0,2	/

% Hybride v. blaublühenden Kulturen	Ungefähre Distanz zw. den Reihen (cm)					
	15	30	60	90	120	150
Michigan	2,2	2,2	2,0	3,0	1,3	/
Oregon	0,9	0,4	0,4	0	0,6	/

Warum mehr Fremdbestäubung von weißen zu blauen Kulturen auftrat als umgekehrt ist nicht bekannt, jedoch deutete Robinson (1937) an, dass der höhere Prozentsatz an Fremdbestäubung in Michigan gegenüber Oregon auf die klimatischen Unterschiede zwischen den Staaten zurückzuführen ist, wie unter anderem die Blühdauer, welche in Michigan eine Stunde länger anhält.

Dillman (1938, 1953) beobachtete vier individuelle Blütentypen bei den verschiedenen Kulturen, welche weitgehend zur Samengewinnung angebaut werden. Der trichterförmige Typus besitzt überlappende und teilweise separate Kronblätter; der röhrenförmige Typus verfügt über Kronblätter, welche in zusammengerolltem Zustand verbleiben. Der sternförmige Blütentyp hat schmale Kronblätter, welche an den Rändern gerollt und freistehend sind; der vierte Typus ist scheibenförmig und besitzt große, flache Kronblätter, welche sich weit ausbreiten.

Die meisten Kulturen mit trichterförmigen Blüten verfügen über Antheren, die die Narben vollständig umschließen, wo hingegen andere Kulturen, vornehmlich jene mit scheibenförmigen Blüten, Narben besitzen, welche über den Antherenring hinausragen und so eher mit fremden Pollen in Berührung kommen. (Free, 1993)

Dillman (1938) pflanzte verschiedene Kulturen in separaten Reihen und fand heraus, dass die meiste Fremdbestäubung bei Kulturen mit scheibenförmigen Blüten auftrat (circa 2%), während jene mit röhrenförmigen Blüten den geringsten Prozentsatz an Fremdbestäubung (circa 0,3%) aufwiesen. Eine Kultur mit trichterförmigen Blüten, deren Antheren die Narben vollständig umschließen, war komplett selbstbestäubt.

Bei heißem und trockenem Wetter waren trichterförmige Blütentypen fruchtbarer als scheibenförmige, deren Pollen und Narben dem austrocknendem Effekt der Sonne vermehrt ausgesetzt waren. Die Fertilität der röhrenförmigen Kulturen war nicht beeinträchtigt. (Free, 1993)

Die Nektardrüsen, welche sich an der Basis der Filamente befinden, werden von vielen Insekten angefliegen, unter anderem *Bombus* spp., verschiedene Diptera und Schmetterlinge, jedoch sind Honigbienen am zahlreichsten vertreten. (Howard *et al.*, 1919; Dillman, 1938; Kozin, 1954; Smirnov, 1954; Hassanein, 1955; Alles, 1977)

Konkurrierende Nektar- und Pollenquellen beeinflussen merklich die Verwendung von Honigbienen bei Lein und Leinsamen in verschiedenen Gebieten. Während in Oregon (Scullen und Vansell, 1942) und Russland (Gubin, 1945; Smirnov, 1954) Honigbienen Lein zwecks Pollen- und Nektargewinnung anfliegen, sammelten sie in Texas (Alex, 1957b) nur Pollen.

Der Bestand wird als Hauptquelle für Honig in Mosambik (Crane, 1973) und als mittlere Honigquelle in Argentinien und Mexiko (Espina Pérez und Ordrex Ros, 1983) angesehen; Schätzungen betreffend das Honigpotential (d.h. der mögliche Honigertrag einer Saison bei einer Fläche von 1ha, mit Lein bedeckt, unter Annahme von optimalen Bedingungen) reichen von 2 kg/ha in Russland (Gubin, 1945; Smirnov, 1954) über 10 kg/ha in Rumänien (Apicultura, 1968; Cirmu, 1980) bis zu 11,9 kg/ha in Bulgarien. (Petkov, 1980)

Jedoch beobachtete Gubin (1945a), dass Honigbienenkolonien, welche neben dem Bestand platziert wurden, nicht viel Honig produzierten.

Alles (1977) stellte fest, dass Honigbienen die Blüten zwischen 7 und 14 Uhr anfliegen, mit einem Höhepunkt zwischen 8 und 10 Uhr.

Gubin (1945a) und Luttso (1977) beobachteten, dass circa ein Drittel der Bienen, beim Versuch die Nektarien zu erreichen, am Stängel außerhalb der Blüte verblieben, ihre Zungen zwischen den Kronblättern einführten und somit weder Staubblätter noch Narben berührten. Sie schlossen daraus, dass diese Bienen gelernt hatten, nicht mehr auf die Kronblätter der Korolla, welche im Laufe des Tages abfallen, angewiesen zu sein.

Die meisten Honigbienen sammelten Nektar, einige wenige auch Pollen. (Smirnov, 1954) Sie benötigen durchschnittlich 6-85 Sekunden pro Blüte beim Nektarsammeln und 5-13s/Blüte bei der Pollensuche. (Smirnov, 1954; Kozin, 1954; Alles, 1977) Im Gegensatz dazu verzeichnete Alex (1957) 2,3 Blütenanflüge pro Minute bei der Pollensuche, Nektar wurde keiner gesammelt.

Die Ergebnisse betreffend einer eventuellen Steigerung der Samenproduktion bei Lein/Leinsamen differieren. Während in den USA (Alex, 1957b) und Deutschland (Pritsch, 1965) keine Unterschiede im Samenertrag bei mit und ohne Honigbienen gekäfigten Pflanzen festgestellt werden konnte, berichten andere von einer Steigerung der Qualität als auch der Quantität durch Bienenbeflug. In Russland, zum Beispiel, erfolgte durch Käfigung mit Honigbienen eine 19-23%ige Steigerung der Samenanzahl pro Kapsel und ein um 22-24% erhöhtes Samengewicht. (Bezdenzhynikh, 1956; Gubin, 1945; Smirnov, 1954)

Ähnliche Werte wurden in Ägypten beobachtet: 21% erhöhte Samenanzahl pro Kapsel und 28% gesteigertes Samengewicht verglichen mit Flächen ohne Bienen. (Hassanein, 1955) Bei offenen Flächen beobachteten russische Arbeiter einen 18-26%igen Anstieg der Samenanzahl pro Kapsel und 29-49% mehr Samengewicht durch Bienenbestäubung verglichen mit Flächen, welche keinen Bienenbeflug verzeichneten. (Kozin, 1954)

Gubin (1945a) befestigte mit Paraffinöl bestrichene Folien in verschiedenen Höhen inmitten eines Leinfeldes und fand heraus, dass der meiste Pollen auf Folien in 50cm Höhe oder weniger aufgefunden wurde, was darauf schließen lässt, dass Leinpollen nicht gut durch Luftströmungen verteilt wird. Weiters befand sich auf den Folien ausschließlich Pollen von einigen bestimmten Kulturen. Er berichtet, dass, wenn Pflanzen, welche keinen Pollen auf den Folien hinterlassen hatten, mit Bienen gekäfigt wurden, die Samenanzahl und das Samengewicht um 22-

24% gesteigert war, verglichen mit lediglich 5-7% bei Kulturen, welche Pollen auf den Folien hinterließen und vermutlich bis zu einem gewissen Grad windbestäubt wurden.

In der UdSSR wurde von folgenden Steigerungen durch Honigbienenbeflug berichtet: die Anzahl der Samen von 18 auf 26%, die Anzahl der Samen pro Kapsel von 1 auf 45%, das Gewicht der geernteten Samen von 0 auf 49% und das Gewicht von 1000 Samen um 11%. (Kozin, 1954; Smirnov, 1954; Luttso, 1957, 1977; Alles, 1977)

Hassanein (1955) erhielt weniger präzise Resultate. Er verwendete Käfige aus Stoff, um Wind und Insekten abzuhalten, Metallkäfige, um Insekten aus- oder Bienen einzuschließen, sowie ungekäfigte Flächen. Es wurden zwei Wiederholungen jeder Behandlung in jeweils zwei Jahren durchgeführt. Die Ergebnisse sind wie folgt:

	Anzahl der Samen/Hülse	Gewicht (g)/1000 Samen
Stoffkäfige	5,0	6,3
Metallkäfige ohne Bienen	5,6	6,7
Metallkäfige mit Bienen	6,8	7,0
Offene Flächen	6,0	6,9

Alex (1957a) machte ein ähnliches Experiment und berechnete den Ertrag in kg/ha für Flächen, welche ohne Bienen gekäfigt waren, sowie mit Bienen gekäfigte und offene Flächen. Er kam auf Werte von 938, 954 und 947 kg/ha.

Der Effekt der Bienenanflüge bei Leinblüten cv. Antares in Bezug auf Langlebigkeit derselben sowie Kapsel-, Samen- und Ölproduktion wurde in zwei verschiedenen Saisonen (1988, 1989) untersucht. Ohne Insekten gekäfigte, mit Honigbienen gekäfigte und ungekäfigte Flächen sowie durch Honigbienen und Hummeln offen bestäubte Pflanzen wurden verglichen. Die Experimente wurden in Hertfordshire, Rothamsted Experimental Station Farm durchgeführt. Obwohl Honigbienenbeflug zu einem früheren Abfallen der Kronblätter führte, kam es zu keiner Steigerung der Kapsel- oder Samenproduktion. Man kam zu dem Schluss, dass der Bestand selbstfertil sei, weiters gut selbstbestäubend, und dass inadäquate Bestäubung kein limitierender Faktor ist. (Williams *et al.*, 1991) [siehe Tabellen]

Der Effekt der Bestäubungsbehandlungen auf Kapselanzahl und Leinsamengehalt in Hertfordshire 1988 und 1989:

	Flächen ohne Insekten	Flächen mit Honigbienen gekäfigt	Offene Flächen	S.E.
Ø Anzahl Kapseln/Pflanze 1988	10,1	11,3	14,2	0,79
Ø Anzahl Kapseln/Pflanze 1989	7,4	6,9	8,6	0,23
Ø Anzahl Samen/Kapsel 1988	8,20	8,08	8,12	0,27
Ø Anzahl Samen/Kapsel 1989	7,18	7,30	7,17	0,17

Der Effekt der Bestäubungsbehandlungen auf die Kapselreifung in Hertfordshire 1988 und 1989:

Durchschnittliche % reifer Kapseln am	Flächen ohne Insekten	Flächen mit Honigbienen gekäfigt	Offene Flächen	S.E.
7. Sept. 1988	84,5	88,1	96,7	1,92
25. Juli 1989	55,7	57,6	69,4	2,50

Der Effekt der Bestäubungsbehandlungen auf den Samenertrag in Hertfordshire 1988 und 1989:

	Flächen ohne Insekten	Flächen mit Honigbienen gekäfigt	Offene Flächen	S.E.
Ø Samengewicht/m ² (g) 1988	280	281	316	9,1
Ø Samengewicht/m ² (g) 1989	153	148	130	5,2

Ø Samengewicht/1000 Samen (g) 1988	8,38	8,47	8,60	0,16
Ø Samengewicht/1000 Samen (g) 1989	8,31	8,35	7,84	0,12

Der Effekt der Bestäubungsbehandlungen auf Ölgehalt und Leinsamenertrag in Hertfordshire 1988 und 1989:

	Flächen Insekten	ohne Flächen mit Honigbienen gekäfigt	Offene Flächen	S.E.
Ø % Öl 1988	42,6	42,0	43,0	0,48
Ø % Öl 1989	40,9	40,7	40,9	0,34
Ø Ölgewicht (g/m ²) 1988	119,4	118,1	135,8	3,79
Ø Ölgewicht (g/m ²) 1989	62,5	60,0	53,2	2,04

Williams (1991a) beobachtete, dass zusätzliche Handbestäubung in Glashäusern den Prozentsatz an Blüten, welche sich ausbildeten, steigerte (von 60 auf 73%) und die Anzahl an Samen pro Kapsel erhöhte (von 5,68 auf 6,85); durch natürliche Selbstbestäubung bei den Kontrollflächen kam es jedoch zu mehr Kapseln pro Pflanze (207 : 187) und auch schwereren Samen (7,63 : 6,28g pro 1000 Samen). Bei Feldflächen, welche mit und ohne Honigbienen gekäfigt waren, zeigten sich keinerlei Unterschiede im Ertrag, was darauf schließen lässt, dass Wind die Pflanzen ausreichend bewegt, um eine maximale Selbstbestäubung zu erreichen. (Free, 1993)

Williams (1991b) führte weitere Experimente durch, um den Effekt einer zusätzlichen Bestäubung auf die Blüte sowie die Kapsel- und Samenproduktion zu ermitteln, sowohl im Glashaus wie auch im offenen Feld. Im Glashaus wurden drei Behandlungen verglichen, bei denen alle Blüten auf jeder der 25 Pflanzen (a) zu Kontrollzwecken natürlich selbstbestäubt, (b) während der Öffnung geschüttelt, um Wind zu simulieren, oder (c) während der Öffnung mit Hilfe eines Zobelpinsels, welcher mit Pollen einer anderen Pflanze bedeckt war, handbestäubt wurden. Handbestäubung minderte die Blühperiode nur geringfügig. Handbestäubte Blüten produzierten jedoch mehr Kapseln als natürlich selbstbestäubte oder geschüttelte Blüten, aber aufgrund der geringeren Anzahl an produzierten Blüten/Pflanze durch Handbestäubung war die geerntete Menge an Kapseln/Pflanze bei den unterschiedlichen Behandlungen nur geringfügig verschieden. Handbestäubte Pflanzen wiesen auch eine größere Menge an Kapseln auf verglichen mit natürlich selbstbestäubten, aber da ihre Samen und auch jene der geschüttelten Pflanzen kleiner waren, variierte das totale Samengewicht/Pflanze nur minimal. Diese Resultate zeigen, dass natürliche Selbstbestäubung im Glashaus nicht gänzlich effektiv war beim Erreichen der maximalen Befruchtung der Ovule.

Im Feld wurden drei Behandlungen im Laufe von zwei Jahren verglichen: (a) mit einer Honigbienenkolonie gekäfigte Flächen, (b) ohne Insekten gekäfigte Flächen und (c) ungekäfigte Flächen. Unterschiede bei der Anzahl an Kapseln/Pflanze sowie Samen/Kapsel zwischen Flächen, welche mit und ohne Bienen gekäfigt wurden, waren nicht signifikant; ebenso wenig zeigten sich Unterschiede beim Samengewicht, was darauf schließen lässt, dass Bienenbestäubung keinen Nutzen bringt. Der einzige messbare Effekt durch Bienenbesuche war ein früheres Abfallen der Kronblätter bei mit Honigbienen gekäfigten Flächen sowie offenen Flächen (schon gegen 12 Uhr begonnen und fast beendet um 15 Uhr 30). Bei den von Bienen isolierten Flächen waren hingegen um 15 Uhr 30 lediglich 64% der Kronblätter abgefallen. (Williams, 1991)

Die Farbe der Pollenhöschen ist weiß bis lila. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Luzerne (*Medicago sativa* L.):

Die blaublühende echte Luzerne stammt aus dem nordwestlichen Iran. Sie ist eine der ältesten Kulturpflanzen; ihre Verbreitung nach Griechenland und später durch die Araber über Nordafrika nach Spanien (aus dieser Zeit stammt der Name Alfalfa) und von dort nach Mitteleuropa ist gut belegt. Im 16. Jahrhundert wird ihr Anbau in der Rheinpfalz bezeugt, jedoch erst nach 1700 in Österreich und der Nordschweiz. (Maurizio, 1994)

Die Luzerne (*Medicago sativa* L.) gehört zur Familie der Schmetterlingsblütler (Fabaceae).

Neben der blaublühenden Luzerne hat aber auch die gelbblühende Sicheluzerne (*Medicago flacata* L.) insofern eine große Rolle gespielt, als sich aus Kreuzungen zwischen beiden die sehr verbreitete Bastard- oder Sandluzerne (*Medicago x varia* MARTYN) entwickelt hat, die weniger empfindlich ist als die echte Luzerne. Sie hat eine reich verzweigte Wurzel, die Saatluzerne dagegen eine einfache lange Hauptwurzel, die bis zu 5m tief reichen kann. Beide bilden einen gut bestockten, vieltriebigen Wurzelstock, aus dem die Neuaustriebe erfolgen. (Maurizio, 1994)

Wichtig für das Gedeihen der Luzerne ist warmer, kalkreicher und tiefgründiger Boden. Trotz großen Wasserbedürfnisses braucht die Luzerne warme und sonnenreiche Jahre, insbesondere zur Samengewinnung. (Mandl, 2007)

Die Anforderungen der Luzerne haben insofern eine große Bedeutung, als man zum Teil auf ausländische Herkünfte angewiesen ist und diese sich ganz verschieden verhalten. Neben der Herkunft sind die Art der Bodenbearbeitung und Düngung sowie die Schnittregelung von großer Wichtigkeit, sollen wirklich hohe Erträge und eine langdauernde Nutzung gesichert werden. Den vollen Ertrag erhält man im 2. und 3. Jahr. Man rechnet bei 3 – 4 Schnitten mit 6 – 10 t Heu bzw. 30 – 40 t Grünfutter. Die Aussaat erfolgt am besten Ende April bis Anfang Mai in warmen Böden. Man nimmt 20 – 24 (bis zu 40 kg) Samen pro Hektar. Oft wird Luzerne mit Deckfrucht kombiniert. (Maurizio, 1994)

Die Luzerne ist nicht selbstverträglich; als Regel gilt, dass man mit einer Neusaat so lange warten muss, wie die Luzerne gestanden hat. Das Futter zeichnet sich nicht nur durch hohen Eiweißgehalt, sondern auch durch hohen Mineralstoffgehalt aus. (Mandl, 2007)

Die Luzerne liefert die höchsten Bodenrückstände, schließt den Boden gut auf, ist ein auf mehrere Jahre hinaus wirksamer Stickstoffsammler und wirkt als Nematodenfeind sehr günstig gegen die Rübennüdigkeit des Bodens. Dem Anbau sind jedoch durch hohen Boden- und vor allem Klimaansprüchen gewisse Grenzen gesetzt. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Luzerneblüten, auch bekannt als Alfalfa (*Medicago sativa*), bilden sich auf 2,5 bis 10,2 cm langen Trauben (Racemus). Die unteren Blüten öffnen sich zuerst und es dauert circa sieben Tage bis der Blühprozess bis zur Spitze fortschreitet. (Delaplane, 2000) Eine Röhrenblüte kann sich zu jeder Tageszeit öffnen und bleibt, wenn nicht bestäubt, für eine Woche geöffnet. Nach erfolgter Bestäubung verwelken sie innerhalb von wenigen Stunden. (McGregor, 1976)

Die zwittrigen Blüten besitzen einen 5-blättrigen, weit hinauf verwachsenen, oft 2lappigen Kelch, eine 5-blättrige Krone, 9 mit den Fäden zu einer Röhre verwachsene Staubblätter und einen oberständigen, einfächrigen, mehrsamigen Fruchtknoten (10 – 12) mit einem Griffel, dieser mit einer Narbe. (Maurizio, 1994)

Die beiden unteren Kronblätter sind zu einem „Schiffchen“ zusammengewachsen, welches die Staubblattröhre

und den Fruchtknoten birgt. Die beiden seitlichen Blütenblätter, die „Flügel“ sind oft durch einen Falz mit dem Schiffchen verbunden. Das obere Kronblatt, die „Fahne“, bildet den auffälligsten Teil des Schauapparates der Schmetterlingsblüte. (Maurizio, 1994; Delaplane, 2000) Die Farbe der Korolla variiert zwischen Purpur und Violett über verschiedene Schattierungen von Blau, Grün, Gelb oder Cremefarben bis hin zu weiß. (McGregor, 1976)

Kompliziert ist die „Schnellvorrichtung“ der Luzerneblüte. Hier entsteht während der Entfaltung der Blüte zwischen Schiffchen und Staubblattröhre eine Spannung, die beim ersten Beflug gelöst wird. Die Geschlechtssäule schnellte beim Herabdrücken des Schiffchens mit ziemlicher Kraft aufwärts und trifft das Insekt an der Bauchseite (bei der Luzerne in der Halsgegend). (Maurizio, 1994) Am Bienenhals hat die Narbe dann Kontakt mit dem Pollen anderer Luzernepflanzen. (Delaplane, 2000) Nach erfolgter Freisetzung des Geschlechtsapparats kehrt dieser nicht in seine ursprüngliche Position zurück, wie es sonst bei anderen Leguminosen üblich ist. (McGregor, 1976)

In den Luzerneblüten wird die Spannung durch ein an der Unterseite der Staubblattröhre befindliches Schwellgewebe gesteigert. Die Auslösung der Schnellvorrichtung, „tripping“, ist für die Luzerne-Samenzucht von besonderer Bedeutung. (Maurizio, 1994) Nach vielen Studien und Beobachtungen (Piper *et al.*, 1914; Brink und Cooper, 1936), und auch vielen Kontroversen (Carlson, 1928; Coffman, 1922; Whornham, 1936; Pengelly, 1953), wurde belegt, dass das Auslösen bzw. Freisetzen der Blüte für eine profitable Samenproduktion notwendig ist. (Armstrong und White, 1935; Tysdal, 1940, 1946; Zaleski, 1956) Nur Blüten, die bestäubt werden, bilden Samen; jene, welche keine Bestäubung erfahren, verblühen. (Delaplane, 2000)

Tysdal (1946) schätzte die Anzahl an Blüten pro 0,4ha in Nebraska auf 2 Milliarden. Lesins (1950) errechnete, dass circa 200 Millionen Blüten pro 0,4ha in der Lage wären, Hülsen zu produzieren. Pedersen *et al.* (1956) zeigte, dass 46,7% der Blüten Hülsen bilden können, somit ist eine Tonne Samen pro 0,4ha möglich.

Aus zahlreichen Beobachtungen geht hervor, dass Wildbienen (Megachile-, Nomia-, Xylocopa-, und Osmia-Arten) zum „tripping“ und damit zur Bestäubung der Luzerneblüten besser geeignet sind als die Honigbiene. In den Vereinigten Staaten wird deshalb die Ansiedlung von Wildbienen gefördert, indem man ihnen geeignete, z.T. künstliche Nistgelegenheiten in der Nachbarschaft der Luzernefelder bietet. Unter den Honigbienen lösen die Pollensammlerinnen die Schnellvorrichtung häufiger aus als die Nektarsammlerinnen, die oft seitlich, unter Umgehung des normalen Weges, zum Nektar gelangen. Ist die Schnellvorrichtung einmal ausgelöst, können alle Insekten ungehindert zum Nektar vordringen. (Maurizio, 1994; Delaplane, 2000)

Circa sieben bis neun Stunden nach der Bestäubung erreichen die Pollenschläuche das Ovarium und 24 bis 27 Stunden später findet die Befruchtung statt. Die Pollenviabilität sinkt nur allmählich mit dem Alter, auch acht Tage alter Pollen zeigte noch immer 80% Keimfähigkeit. (Free, 1993)

Die Ovarien sind vom Öffnen bis zum Verwelken der Blüte entwicklungsfähig (Pankiw und Bolton, 1965), jedoch entwickeln sich nur wenige der 10 – 12 Ovule zu Samen. (Free, 1993)

Die Nektarien bilden eine Anschwellung an der Innenseite der Staubfadenröhre, die aus einem dichten Lager von Drüsenzellen besteht. Das Nektargewebe ist an der unteren (vorderen) Seite stärker entwickelt, an der oberen, beim freistehenden Staubblatt, ist es schwach oder fehlt ganz. Es steht in engem Kontakt mit dem Siebteil der benachbarten Leitbündel. Die Nektarproduktion ist bei der Luzerne stark abhängig von Klimabedingungen, vor

allem von der Feuchtigkeit und der Temperatur. Die Nektarabsonderung spielt für die Bienenzucht nur in klimatisch bevorzugten Lagen mit hoher Temperatur eine Rolle (z.B. Israel, Kalifornien und Kanada). (Maurizio, 1994) Kropacova (1963) schätzte, dass die Luzerne zwischen 188,69kg und 876,79kg Nektar pro 0,4ha absondert. Die Menge an Nektar, welche von den Kolonien gesammelt werden kann, ist abhängig von der Pflanzendichte, der Konkurrenz anderer Bienen und weiterer umweltbedingter und ackerbaulicher Faktoren. (McGregor, 1976)

Die mittlere Nektarabsonderung je Blüte in 24 Stunden beträgt 0,24 – 0,83 mg mit einem Zuckergehalt von 17 – 48%, das ergibt eine Zuckerproduktion von 35 – 83kg pro Hektar. (Maurizio, 1994) Der Saccharosegehalt variiert stark zwischen 4,9% und 17,9%, abhängig von der Kultur. Der Nektar enthält signifikant mehr Glukose als Saccharose oder Fruktose. Bei circa 21°C wurde ein guter Nektarfluss verzeichnet. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Pedersen *et al.* (1953a, b, 1958) berichteten, dass die Nektarsekretion der Luzerne die Samenbildung beeinflusste.

Die Hülsengewächse bieten den Insekten auch beträchtliche Mengen Pollen. Die mittlere Pollenproduktion je Blüte beträgt bei der Luzerne 5,3 mg. Pro Anthere wurden 550 Pollenkörner ermittelt. (Maurizio, 1994) Der leicht cremefarbene Pollen hat einen ähnlichen Proteingehalt wie der des Kaplößenzahns. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Rudnev (1941) zeigte, dass ein stimulierendes Füttern der Kolonien in der Nähe von Luzernefeldern eine gesteigerte Polleneinlagerung zur Folge hatte.

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Die Blüte der Luzerne muss bestäubt werden um Samen zu produzieren. Damit es zu einer Fremdbestäubung kommt muss die Narbe Kontakt mit Pollen einer anderen Luzernepflanze haben. Obwohl die Luzerne sich zwischen komplett selbststeril und komplett selbstfertil bewegt, bilden nur 17% bis 46% der selbstbestäubten Blüten Samenhülsen. (Free, 1993)

Fremdbestäubung erhöht die Wachstumsrate des Pollenschlauchs, den Prozentsatz der Bildung von Samenhülsen, die Anzahl der Samen pro Hülse und die Größe der Samen. (McGregor, 1976) Moriya *et al.* (1956) kamen zu dem Ergebnis, dass jene Blüten die höchste Prozentzahl an entwickelten Hülsen aufwiesen, welche am ersten Tag nach ihrer Öffnung bestäubt wurden.

Verglichen mit fremdbestäubten Samen sind Abkömmlinge von selbstbestäubten Pflanzen weniger produktiv in ihrer Samenbildung. (McGregor, 1976)

Glücklicherweise tritt natürliche Fremdbestäubung in Luzernefeldern zu 90% auf. (Free, 1993)

Durch Umweltfaktoren (Trockenheit) kann eine spontane Selbstauslösung der Blüte auch ohne Insektenbeflug stattfinden (circa 5% in Nordamerika). Jedoch ist das Resultat dieser Selbstbestäubung für einen optimalen Ertrag nicht förderlich. (Delaplane, 2000) Busbice und Wilsie (1966) und viele andere suchten vergeblich nach selbstauslösenden oder zumindest leichter auszulösenden Stammkulturen, was jedoch auf Grund der rapiden Degeneration solcher Linien nicht möglich war.

Starker Wind ist ebenfalls in der Lage, Blüten freisetzen; auch wurde versucht durch Ziehen von Seilen, Drähten,

Ketten und Rollen über die Pflanzen die Anzahl an ausgelösten Blüten zu erhöhen. (Carlson, 1930; Goff, 1953; Koperzinskii, 1949; Pharis und Unrau, 1953)

Pankiw *et al.* (1956) verglichen die Effektivität der Selbstbestäubung per Hand, Fremdbestäubung per Hand und Bienenbestäubung. Fremdbestäubung zeigte sich der Selbstbestäubung gegenüber als produktiver. Die Bestäubung durch Bienen lag dazwischen, da hier sowohl Fremd- als auch Selbstbestäubung auftrat (siehe Tabelle). (Free, 1993)

	Fremdbestäubung	Bienenbestäubung	Selbstbestäubung
% Blüten, die Hülsen bilden	77	67	31
Anzahl der Samen/Hülse	5.1	4.1	2.5

Die Luzerne muss fremdbestäubt werden, um eine große Menge an qualitativ hochwertigen Samen zu produzieren. Fremdbestäubung tritt auf, wenn eine Biene Pollen von einer zuvor besuchten Blüte mitbringt. (Delaplane, 2000)

Wenige Insekten außer der Honigbiene befliegen Alfalfa-Blüten (Bohart, 1958b; Bolton, 1962), jedoch variiert die relative Bedeutung der Bestäubung durch die Honigbienen abhängig vom Gebiet. (Free, 1993) Aicher (1917) sah Wind und verschiedene Arten von Bienen als nützlich an; Hay (1925) hingegen war der Meinung, dass die Honigbiene keinen praktischen Nutzen bei der Saatgutproduktion der Luzerne hatte.

Gray (1925), Engelbert (1931) und Sladen (1918) betrachteten die Blattschneiderbiene oder die Hummel als nutzbringend, die Honigbiene jedoch als wertlos bei der Auslösung der Blüte. Lovell (1924) stimmte mit Sladen (1918) überein und meinte: „Diese Fakten (dass Honigbienen ineffektiv seien) können nicht durch voreilige Behauptungen von glühenden Verfechtern der Honigbiene widerlegt werden, nur weil sie glauben, dass ihre große Anzahl auf Luzernefeldern mit einer guten Bestäubungsleistung gleichzusetzen sei.“

Hunter (1899) deckte Blüten mit Mulltuch ab und stellte fest, dass es zu keiner Samenproduktion kam. Er untersuchte Hülsen, welche 0,8km entfernt vom Bienenstand gewachsen waren, und fand durchschnittlich 5,6 rundliche Samen pro Hülse; bei einer Entfernung von 40,2km und keinen Bienen kam er auf einen durchschnittlichen Wert von 3,3 geschrumpften Samen pro Hülse.

Vor 1946 wurde der Honigbiene nur eine geringe Rolle bei der Saatgutproduktion der Luzerne zugesprochen, jedoch zeigten Studien unter Verwendung von Pollenfallen (Hare und Vansell, 1946), dass unter bestimmten Umständen Honigbienen in der Lage sind, große Mengen an Luzernepollen zu sammeln. Vansell und Todd (1946, 1947) zeigten, dass Honigbienen bei der Saatgutproduktion sehr wohl eine wichtige Rolle spielen. Sie wiesen darauf hin, dass in Utah die wichtigsten bestäubenden Bienen Honigbienen, Alkalibienen (*Nomia* spp.) und Blattschneiderbienen (*Megachile* spp.) waren.

Honigbienen sind die primären Bestäuber der Luzerne in Kalifornien, Arizona und bis zu einem gewissen Grad auch im südlichen Nevada. Pollensuchende Bienen, die die Blüten befliegen, machen 20% bis 100% der Bestäubungsleistung in diesen Gegenden aus. In den nördlichen USA und Kanada sind pollensuchende Bienen jedoch nur für 0% bis 1% der Bestäubungsleistung verantwortlich. (Delaplane, 2000)

Nach Robinson *et al.* (1989) ist der Hektarertrag im Südwesten der USA bei Luzerne durch Honigbienenbestäubung 1120 kg.

Vor 1947 platzierten Imker ihre Kolonien nahe den Luzernefeldern, um Honigerträge zu erhalten. Pellet (1941) deutete an, dass es zwischen der Verwendung von Kolonien zur Honiggewinnung und der Verwendung zwecks Samenproduktion einen Unterschied gibt, und dass durch die Verwendung von bis zu 5 Völkern pro 0,4ha eine höhere Samenbildung erreicht werden kann; jedoch wurden keine unterstützende Daten angegeben.

Vansell (1951) zeigte den Wert einer hohen Konzentration an Honigbienen bei Alfalfa-Feldern. Bei einem 38ha großen Feld in Knights Landing, Kalifornien, im Jahre 1947 wurden 275 Kolonien in kleinen Gruppen (2,9 pro 0,4ha) im Feld verteilt und man erntete 254,01 kg an gesäuberten Samen. Bei einem 80ha großen Feld, welchem 3 Kolonien pro 0,4ha beigestellt wurden, erzielte man einen Samenertrag von 249,48 kg pro 0,4ha.

Kolonien, die zur Bestäubung verwendet werden, sollten stark sein, mit einer legenden Königin und acht oder mehr Rähmchen sollten mit Bienen besetzt sein (in einem zweizargigen Bienenstock). Des Weiteren sollte viel Brut vorhanden sein, vor allem junge Brut, welche die Arbeiterinnen zur Pollensuche anregt. Die Kolonien werden oft in zwei Wellen in die Felder eingebracht; die ersten werden platziert wenn die Luzerne zu einem Drittel in der Blüte steht. Die zweite Welle kommt bei oder knapp nach der Hälfte. (Delaplane, 2000)

Es gibt auch hinreichende Belege dafür, dass unter gewissen Umständen der Samenertrag des Bestands mit der Anwesenheit von Honigbienen in Verbindung steht. Sovoleva (1952) zeigte, dass bei Abständen von 500m bzw. 1250m vom Bienenstock der Ertrag bei 310 kg/ha bzw. 81 kg/ha lag. Zur meisten Samenbildung kommt es innerhalb eines 92m Radius um den Bienenstock. (Delaplane, 2000)

Kropáčová (1965) beobachtete einen Zusammenhang zwischen der Anzahl an Honigbienen, die auf dem Luzernefeld tätig waren, und der Anzahl an bestäubten Blüten; die höchsten Erträge wurden unter Verwendung von 9 bis 15 Bienenstöcken pro Hektar erzielt. (Free, 1993)

Die Kolonien sollten laut Delaplane (2000) in Gruppen von 12 bis 18 und in einem Abstand von 146m aufgestellt werden. Honigbienen befliegen die Luzerne eher, wenn die Pflanzen nur geringfügig feucht sind, als wenn sie frisch bewässert oder zu trocken sind.

Wasser (in Bottichen z.B.) sollte bereitgestellt werden um zu verhindern, dass Bienen weite Strecken zu Wasserquellen zurücklegen müssen. Zwei große Fässer Wasser für 18,2 ha wird empfohlen; bei Bedarf müssen sie nachgefüllt werden. (Delaplane, 2000)

Eine hohe Anzahl an Honigbienen, welche die Luzerne befliegen, verabsäumt eine Bestäubung. Pollensammelnde Bienen befliegen vornehmlich Blüten, die noch nicht ausgelöst wurden; sie schieben ihren Kopf in die Mitte der Blüte oder leicht auf eine Seite und drücken ihn in den Schlauch der Korolla. Dies setzt die Geschlechtssäule vom Kiel frei und sie schlägt auf die Unterseite des Bienenkopfes. (Free, 1993)

Honigbienen meiden oftmals die Luzerne als Reaktion auf den Schlag gegen den Kopf, den sie bekommen, wenn die Blüte berührt wird. Dieses Verhalten tritt bei Blattschneiderbienen nicht auf. Honigbienen reagierten jedoch gut auf Zuchtprogramme, die das Ziel hatten, diese Auffälligkeit zu überwinden. Nye und Mackenson (1968, 1970) selektierten einen Stamm von Honigbienen, der eine Präferenz für Luzerne aufwies. Das Programm wurde jedoch eingestellt. Bei späteren Arbeiten erbrachten drei Generationen an Selektion einen Stamm von Honigbienen, der ausgesprochen viel Pollen sammelte. Platziert in der Nähe von Luzerne lagerte er 2,4-mal mehr

Pollen ein. (Gordon *et al.*, 1995). Dieser Stamm hatte zwar keine ausgeprägte Präferenz für Luzerne, jedoch eine generell gesteigerte Pollensammelrate. Dies könnte die erhöhte Bestäubungsleistung bei der Luzerne erklären, da pollensammelnde Bienen generell bessere Bestäuber sind. Unglücklicherweise sind heute keine Bestände an Honigbienen, die für die Pollensuche selektiert wurden, mehr erhältlich. (Delaplane, 2000)

Eine nektarsammelnde Biene, die eine direkte Annäherung zur Blüte versucht, wird oft niedergedrückt und kann sich nur mit Mühe befreien; manchmal schafft sie es gar nicht und stirbt in der Blüte. Nachdem sie jedoch ein paar Mal zwischen Sexualapparat und Standardkronblatt eingeklemmt war, lernt sie ihre Zunge zwischen Standard- und seitlichem Kronblatt einzubringen und vermeidet so einen Schlag, aber auch eine Bestäubung der Blüte bei den meisten Anflügen. (Free, 1993) 99,9% von 2389 Bienen eines Experiments entnahmen den Blüten Nektar, ohne sie zu öffnen, durch seitliche Bewegung beim Ernten. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Bis sie die seitliche Annäherung lernen sind nektarsammelnde Bienen oft sehr zögerlich und neigen dazu, verwiterte oder schon bestäubte Blüten zu wählen. Reinhardt (1952) beobachtete, dass jene Bienen, die die seitliche Annäherung nicht innerhalb weniger Tage erlernten, den Bestand üblicherweise verließen. Kropáčová (1965) fand heraus, dass dieser Lernprozess, wenn überhaupt, nur einen Tag dauerte. (Free, 1993)

Diese Verhaltensänderung geht einher mit einer gesteigerten Arbeitsgeschwindigkeit. (Free, 1993)

Nektarsammelnde Bienen treten bei Kolonien, die gerade erst zum Feld gebracht wurden oder bei Blühbeginn, im Überfluss auf; jedoch nimmt ihre Zahl schnell ab. (Pedersen und Todd, 1949)

In der UdSSR beobachtete Rymashevskii (1976), dass die Honigbienen am ersten Tag 34% der besuchten Blüten bestäubten, am zweiten Tag nur noch 12% und am dritten Tag lediglich 6%.

Haragsim *et al.* (1965) berichtete, dass Bienen aus Kolonien, die gerade erst gebracht wurden, und Bienen, welche schon länger die Luzerne beflogen, ein ähnliches Verhalten zeigten und 15,1 bis 15,3 Blüten pro Minute besuchten; dabei bestäubten sie 1,21% bis 1,24% der Blüten. Palmer-Jones und Foster (1972) beobachteten günstigere Resultate. Durch Hinzufügen von neuen, frischen Kolonien all paar Tage konnte der Prozentsatz der besuchten und bestäubten Blüten fast verdoppelt werden. (Free, 1993)

Pesenko und Radchenko (1993) weisen in ihrer Arbeit darauf hin, dass Honigbienen in der Nähe von Luzernefeldern andere Bestäuber vertreiben.

Der Vorteil der Honigbiene gegenüber Wildbienen ist ihr leichter Transport zu den Luzernefeldern in gewünschter Anzahl. Jedoch zeigten Studien (Bohart, 1958a; 1962b), dass zumindest zwei Arten von Wildbienen, die Alkalibiene und die Blattschneiderbiene, auch transportiert und für die Bestäubung von Luzernefeldern manipuliert werden können, und dass sie in manchen Gegenden eine exzellente Bestäubungsleistung erbringen. Großen Anteil an unserem Wissen über diese zwei Bienen haben Bohart (1947, 1950, 1952, 1958b, 1962b, 1967, 1970), Bohart *et al.* (1955), Hobbs (1956, 1962, 1964, 1965, 1967), Hobbs und Lilly (1954), Menke (1952a, b, 1954), Stephen (1955, 1961, 1962, 1965) und die Utah Agricultural Experiment Station (1950).

Sowohl Alkalibienen als auch Blattschneiderbienen sind viel effizientere Bestäuber der Luzerne als Honigbienen. Ihr Primärziel beim Befliegen der Blüte ist das Sammeln von Pollen für ihre Brut, und sie zeigen eine Präferenz für Luzernepollen. Im Gegensatz dazu befliegen Honigbienen die Luzerne Großteils zum Nektarsammeln und besorgen sich Pollen von anderen Blüten. (McGregor, 1976)

Obwohl jedes Weibchen der Alkalibiene ihr eigenes Nest baut, in welchem sie 5 bis 20 Nachkommen aufzieht, leben die Tiere dennoch instinktiv zusammen; manchmal findet man bis zu 100 Nesteingänge auf weniger als einem halben Quadratmeter. Die Reichweite bei der Nahrungssuche ist vergleichbar mit der der Honigbiene. Diese Biene neigt viel weniger dazu, Menschen oder Haustiere zu stechen, verglichen mit der Honigbiene. Sie überwintert in unreifem Zustand. (McGregor, 1976)

Der Nachteil der Alkalibiene ist, dass ihre Nester circa ein Jahr benötigen um sich zu etablieren, und dass sie nicht von Feld zu Feld transportiert werden können. (Bohart, 1958a; McGregor, 1976)

Auch werden sie von den Elementen angegriffen und könnten durch Überschwemmungen, Pestizide, Parasiten, Räuber oder Krankheiten sterben. (McGregor, 1976)

Auch die Blattschneiderbienen leben zusammen, jedoch bauen sie ihre Nester nicht am Boden, sondern bevorzugt in Löchern, welche 0,5cm breit und 5cm bis 10cm tief sind. Um diese Bienen zu nutzen, fertigt man Bretter mit entsprechenden Löchern an (Stephen, 1961, 1962) und platziert sie dort, wo die Tiere zahlreich und aktiv vorkommen. Die Löcher füllen sich alsbald mit Nestern. Die noch unreifen Bienen können dann mit Hilfe des Bretts transportiert werden. Die Reichweite beim Fliegen ist nicht so groß wie die der Honigbiene, deshalb muss das Brett in der Nähe des Feldes platziert werden. Die Bienen sind nicht aggressiv und können ohne Schutzbekleidung gehandhabt werden. (McGregor, 1976)

Blattschneiderbienen sind effektive Bestäuber, so lange die Wetterbedingungen günstig sind. Nach einer kurzen, aktiven Periode sterben die erwachsenen Tiere. (McGregor, 1976)

Blattschneiderbienen sammeln, wie Alkalibienen, Pollen für ihre Nester. (McGregor, 1976)

Bei der Bestäubung von Luzernebeständen sind Honigbienen, Alkalibienen und Blattschneiderbienen, allein oder in Kombination, von großem Wert. (McGregor, 1976)

LEISTUNG DER HONIGBIENE sowie EINHEIMISCHER BIENEN (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)Einheimische Bienen sind höchst effektive Bestäuber.

-)Bewässerte Flächen in Südaustralien produzierten über einen Zeitraum von zehn Jahren einen Ertrag von 313 kg/ha (1972-1982). Durch die Nutzung von Honigbienen wurde der Ertrag einer Fläche, die zuvor nie mehr als 450 kg/ha produzierte, auf 1400 kg/ha gesteigert.

-)In Victoria kamen zwei Bauern auf einen 3,3fachen und 4,8fachen Ertragsanstieg mit Hilfe von Honigbienen; verwendet wurden 2,6 Bienenstöcke pro Hektar.

-)Luzerne *Medicago sativa* (Marthope und Jones (1988))

	Samenertrag (kg/ha)	Bestäubungseffizienz*
Gekäfigt ohne Bienen u. Insekten	32	12.4
Mit Bienen gekäfigt	1113	62.6
Gekäfigt, offen für Feldinsekten	566	43.6
Ungekäfigt, offen für Feldinsekten	674	46.7

*Bestäubungseffizienz = % der Blüten, die Samen bildeten.

Doull, K. *The Australasian Beekeeper*, 1961

Behandlung	Blüten	Hülsen	Blüten, die Samen produzierten
Ohne Bienen gekäfigt	2066	218	10.50%
Offene Flächen	2066	730	35.30%
Mit Bienen gekäfigt	2066	1168	56.60%

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Luzerne:

AUTOR JAHR	ERTRAGSAUSWIRKUNGEN
ROBINSON <i>et al.</i> (1989)	Hektarertrag durch Bienenbestäubung 1120 kg
VANSELL (1951)	38ha Feld mit 2,9 Kolonien/0,4ha = 254,01 kg Samen 80ha Feld mit 3 Kolonien/0,4ha = 249,48 kg Samen
SOVOLEVA (1952)	500m Distanz zum Bienenstand = 310 kg/ha Ertrag 1250m Distanz zum Bienenstand = 81 kg/ha Ertrag
DELAPLANE (2000)	Die meiste Samenbildung findet innerhalb eines 92m Radius um den Bienenstock statt

Empfohlene Bienendichte:

Empfehlungen reichen von 1 bis 10 Kolonien pro 0,4ha. Die meisten Landwirte verwenden 2 bis 4 Kolonien. (McGregor, 1976)

Jackman (1940) ließ die Honigbiene unberücksichtigt, aber Pellet (1941) war der Meinung, dass fünf Kolonien pro 0,4ha einen vollen Ertrag produzieren können.

3 bis 8 Bienenstöcke pro Hektar werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. Maximale Erträge in New South Wales wurden durch 10 Bienenstöcke/ha erbracht. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Bei der Verwendung von Honigbienen sollte darauf geachtet werden, dass mindestens 5160cm² gesunde Brut in allen Stadien vorhanden ist und ausreichend Bienen zugegen sind, um 15 bis 20 Waben zu bedecken. (Todd und Reed, 1970) Weiters sollte der Bestand schon zu 10% in der Blüte stehen, bevor die Bienen beigebracht werden. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Bei der Verwendung von Alkalibienen sollte ein Nistplatz von circa 3,7m² mit ausreichender Population angestrebt werden. Dieser muss vor Überschwemmungen, Pestiziden, Räubern oder Parasiten geschützt werden. (McGregor, 1976)

Für Blattschneiderbienen werden 2 000 bis 3 000 Nester oder 10 000 Individuen pro 1,6ha empfohlen. (McGregor, 1976)

Empfohlene Bienendichte für Luzerne (Delaplane, 2000):

Bienenstöcke/ha	Autoren
7,4 – 14,8	Todd und Vansell (1952)
4,9 – 9,9	Vansell und Todd (1946); Hobbs und Lilly (1955); Bohart (1957); McGregor (1976, 1981); Crane und Walker (1984); Levin (1986); Berg (1991)
2,5 – 8	Williams (1994)
7.9	Durchschnitt

Die Farbe der Pollenhöschen ist braun-beige. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Mandel (*Prunus dulcis* (MILL.) D.A. WEBB):

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Blüte der Mandel besitzt einen Stempel mit einem Ovarium, welches zwei Ovule enthält, 10-30 Staubblätter und fünf rosa-weißliche Kronblätter. Üblicherweise entwickelt sich nur eins der beiden Ovule in eine Frucht. Nektar wird in einen Blütenkelch an der Basis des Stempels abgesondert. (Delaplane, 2000) Der Pollen wird von den Antheren, welche lose die Narbe umringen, produziert. (McGregor, 1976)

Die Pflanze blüht von Spätjänner bis Spätmärz und Bienen befliegen die Blüte um Nektar und Pollen zu sammeln. (Delaplane, 2000) Nektarsammler sind während des gesamten Tages aktiv; Pollensammler überwiegend mittags. Die Honigbiene ist das wichtigste, die Mandel befliegende Insekt. (McGregor, 1976)

Spanien ist der Hauptproduzent für Mandel in Europa; in den USA findet praktisch die gesamte kommerzielle Mandelproduktion in Kalifornien statt. (Delaplane, 2000) Der Ertrag wird im Herbst geerntet. (McGregor, 1976)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Die Mandel ist komplett selbstinkompatibel und benötigt Pollen zur Fremdbestäubung von einer anderen Pflanze und Sorte. (Delaplane, 2000) Zusätzlich sind einige Sortenpaare der Mandelkultur auch untereinander inkompatibel (Griggs, 1970)

Obwohl nur ein Pollenkorn theoretisch notwendig ist um eine Mandelfrucht auszubilden, muss der Pollen zur richtigen Zeit von einer anderen kompatiblen Kultur kommen (McGregor, 1976)

Die Bestäubungsanforderungen der Mandel sind außergewöhnlich hoch. Während die meisten anderen Bestände eine Fruchtbildung von 5% bis 10% benötigen um einen praktikablen Anbauertrag zu erbringen, benötigt die Mandel 30% bis 60%. (Traynor, 1993 nach Delaplane, 2000) Ein profitabler Mandelertrag hängt von der Fremdbestäubung praktisch aller Blüten ab. (McGregor, 1976)

Laut Griggs und Iwakiri (1964) benötigen alle Mandelkulturen in Kalifornien Fremdbestäubung um einen Ertrag zu produzieren. Weiters führen sie an, dass, bei guten Wetterbedingungen für Bienenflüge, die individuelle Blüte am Tag nach der Öffnung am empfänglichsten ist für Fremdbestäubung und bleibt rezessiv empfänglich für die folgenden 3 bis 4 Tage.

„Nonpareil“ ist die wichtigste Mandelkultur in Kalifornien. „Nonpareil“ wird zwischen alternierende Reihen von kompatiblen Bestäubervariationen wie „Carmel“, „Fritz“, „Merced“, „Monterey“, „Price“ oder „Sonora“ gepflanzt. Ein Schema von 1:1 oder 1:1:1 wird bevorzugt verwendet; das bedeutet, eine Reihe von „Nonpareil“ wird neben ein oder zwei Reihen der Bestäubersorte angebaut. Erfahrungswerte von den 1940er und 1950er Jahren zeigten, dass höhere Verhältniswerte von Variation zu Bestäuber – 4:1 oder 2:1 – in den Reihen, die am weitesten von der Bestäubersorte entfernt waren, einen niedrigeren Ertrag zur Folge hatten. (Traynor, 1993 nach Delaplane, 2000)

„Jeffries“ ist eine Mutation von „Nonpareil“, die hohen Ertrag geben kann; sie ist jedoch einseitig inkompatibel. Das bedeutet, dass alle Variationen „Jeffries“ befruchten können; „Jeffries“ jedoch kann „Nonpareil“, alle CIG-

V Gruppen, alle CIG-VI und CIG-VII Gruppen, „Butte“, „Grace“ und „Valenta“ nicht befruchten. (Traynor, 1993; Kester *et al.*, 1994 nach Delaplane, 2000)

Dag *et al.* (2000) evaluierten den Effekt von Pollendispensern, welche auf Bienenstöcken montiert waren, auf die Fruchtbildung und den Ertrag bei Plantagen, welche sich in ihrer Anlage unterschieden; d.h. verschiedene Anordnungen und Entfernungen von Hauptkultur zu Bestäuberkultur. Pollendispenser erhöhten den Prozentsatz an Fruchtbildung und den Ertrag bei einem 1:1:1 Design, in welchem sich (a) die Bestäuberreihen auf jeder Seite der Hauptkultur befanden und (b) eine gute Überlappung der Blühzeiten der Bestäuber (cv. Carmel und Monterey) und der Hauptkultur „Nonpareil“ gegeben war, NICHT. Im Gegensatz dazu erhöhten Pollendispenser die Fruchtbildung sowie den Ertrag bei einem 1:2:1 (eine Bestäuberreihe, zwei „Nonpareil“-Reihen, eine Bestäuberreihe) Design, in welchem sich die Zweige der beiden gegenüberliegenden „Nonpareil“-Reihen weiter entfernt von den effektiven Bestäubern befanden und eine Überlappung der Blühzeiten von „Nonpareil“ und seines Bestäubers suboptimal war. Die Steigerung der Fruchtbildung und des Ertrags, welche der Pollendispenserverwendung zugeschrieben werden kann, trat überwiegend bei „Nonpareil“-Ästen auf, welche der nebenliegenden „Nonpareil“-Reihe zugewandt waren. Die Auswirkungen von Pollendispensern waren erheblich bei einer Entfernung von 50m, jedoch nicht bei einer Distanz von 150m zu den Bienenstöcken. Obwohl Pollendispenser schon seit über 60 Jahren verwendet werden, ist dies die erste umfangreiche Studie mit Wiederholung, durchgeführt unter kommerziellen Bedingungen, welche deren Nutzen bei limitierter Fremdbestäubung demonstrieren.

Bei der Planung von Plantagen ist es somit wichtig kompatible Variationen mit überlappenden Blühperioden zu wählen. Wenn möglich sollten Sorten so gewählt werden, dass der Bestäuber kurz vor der Hauptsorte zu blühen beginnt. Mittlere und spätblühende Variationen sollten nebeneinander gepflanzt werden; durch Platzierung der Bienenstöcke zwischen diesen kann man die doppelte Leistung der Bienen bekommen; sie bestäuben zuerst die mittleren und darauffolgend die spätblühenden Sorten. (Delaplane, 2000)

Honigbienen sind die wichtigsten Bestäuber in den USA. Sie befliegen Mandelblüten bereitwillig und bestäuben sie effektiv. Auf Grund der hohen Bestäubungsanforderungen ist es äußerst wichtig starke Kolonien zu verwenden. Eine akzeptable Kolonie hat bei 15,6°C acht Rähmchen, zu zwei Drittel oder drei Viertel, mit Bienen bedeckt (Traynor, 1993 nach Delaplane, 2000) und 5200 cm² Brut. (McGregor, 1976)

Die Bienenpopulation sollte ausreichend hoch sein, damit es bei jeder Blüte zu vermehrten Besuchen kommt und die Bienen gezwungen sind, mehrere Kulturen zu befliegen um an Nektar und Pollen zu gelangen. So wird sichergestellt, dass der Pollen in maximalem Ausmaß verteilt wird. Nur jene Bienen, welche Pollen einer Blüte zu der empfangsbereiten Narbe einer anderen Kultur bringen, tragen zur Fruchtbildung bei. (McGregor, 1976)

Pollen auf den Narben und Körpern der nahrungssuchenden Bienen bei Mandelkulturen wurden 1988 und 1989 von DeGrandi-Hoffman *et al.* (1992) untersucht. Auch der Prozentsatz an Blüten, welche Nüsse ausbilden, wurde unter Berücksichtigung der dem Ast angrenzenden Pollenquelle ermittelt. Jede Honigbiene, welche sich bei der Mandelblüte auf Nahrungssuche befand, hatte Eigenpollen auf ihrem Körper; Fremdpollen wiesen 90% oder mehr auf. 1988 hatten 60-92% der nach Nahrung suchenden Bienen mandelfremden Pollen auf ihren Körpern, während es 1989 sogar 92-100% waren. 1988 gab es beträchtlich mehr Eigen- und Fremdpollen der

Mandel auf den Bienenkörpern als mandelfremden Pollen, mit der Ausnahme von „Peerless“-Nektarsammlern. 1989 waren die Prozentsätze des Fremdpollens sowie des mandelfremden Pollens äquivalent, mit der Ausnahme von „Price“, und sie lagen deutlich unter dem Prozentsatz des Eigenpollens. 1988 hatten 42,1-81,2% der untersuchten Narben Eigenpollen, 36,8-68,7% wiesen Fremdpollen und 43,7-94,0% mandelfremden Pollen auf. 1989 lagen die Werte bei 60,0-100% (Eigenpollen), 10-100% (Fremdpollen) und 80-100% (mandelfremder Pollen).

Die Prozentsätze der Pollentypen auf den Narben unterschieden sich nicht erheblich zwischen Ästen, welche sich neben Bäumen derselben Kultur befanden, und Ästen, die an andersartige Kulturen angrenzten. 1988 war der Prozentsatz an Eigen- und Fremdpollen auf den Narben bei allen Kulturen äquivalent mit Ausnahme von „NePlus“, welche signifikant mehr Eigen- als Fremdpollen aufwies. 1989 befand sich signifikant mehr Eigen- als Fremdpollen auf den Narben aller Kulturen mit Ausnahme von „Price“, welche gleiche Mengen beider Pollentypen aufwies. In beiden Jahren trat mandelfremder Pollen mit vergleichbarer oder deutlich höherer Häufigkeit wie Eigenpollen auf. (DeGrandi-Hoffman *et al.*, 1992)

Die Nussausbildung auf Ästen, welche sich neben kompatiblen Pollenquellen befanden, unterschied sich nicht signifikant von jenen, welche in derselben Reihe neben Bäumen derselben Kultur wuchsen (d.h. inkompatible Pollenquelle).

Die Honigbienenpopulation, welche im Stande ist eine Fremdbestäubung bei einer Mandelplantage zu erwirken, ist anscheinend ein Großteil der Gesamtpopulation, welche sich auf Nahrungssuche befindet, und ist homogen über die Plantage verteilt. (DeGrandi-Hoffman *et al.*, 1992)

Jedoch ist es wegen der frühen Blühzeit der Mandel manchmal schwierig für Imker ihre Völker auf maximaler Stärke zu haben. Und auch das kühle Wetter stellt ein Problem dar. Honigbienen fliegen nicht unter 12,8°C. Eine Möglichkeit, dieses Problem zu minimieren, ist das Platzieren der Stöcke an sonnigen, windgeschützten Stellen. Sollten die kühlen Temperaturen anhalten ist es unter Umständen notwendig, die Anzahl der Stöcke zu erhöhen, um die reduzierte Flugleistung zu kompensieren. (Delaplane, 2000)

Bei vielen anderen Beständen ist es ratsam die Bienenstöcke erst zu platzieren, wenn die Blühzeit schon begonnen hat. Dies ist bei der Mandel jedoch nicht der Fall, da die früheste Blüte gleichzeitig auch die produktivste ist. Darüber hinaus gibt es zu dieser Zeit üblicherweise kaum andere, für Bienen attraktivere Tracht, so dass sie die Mandel eifrig befliegen, sobald diese zu blühen beginnt. (Delaplane, 2000)

Die Honigbiene ist praktisch das einzige bestäubende Insekt mit ökonomischer Wichtigkeit bei der Mandel und viele weltweit urgieren, sie zu verwenden. (Ferrerres in Mexiko, 1947; Gagnard in Algerien, 1954; Griggs in Kalifornien, 1970; Muttoo in Indien, 1950; Purdie und Winn in Australien, 1964, 1965)

Brittain (1933) wies darauf hin, dass angrenzende Anbauflächen die Effektivität der Bienen beeinflussen können und somit bei der Berechnung der benötigten Bestäuberpopulationen berücksichtigt werden müssen.

Die meisten Bauern und Landwirte wissen um die essentielle Bedeutung der Honigbiene und versuchen ihren Pflanzen diese Bestäubungsleistung zukommen zu lassen. Die Literatur über die Mandelbestäubung lässt keinen Zweifel daran, dass es zur Bienenbestäubung keine Alternativen gibt. (McGregor, 1976)

Empfohlene Bienendichte:

Vansell und Griggs (1952) empfehlen zwei bis drei starke Kolonien pro 0,4ha, Goodman (1994) rät zu 5-8 Kolonien pro Hektar, gleichmäßig über die Plantage verteilt.

Sheesley und Poduska (1970, a, b, c), Purdie und Winn (1964) und Woodrow (1932) zeigten, dass starke Kolonien wesentlich effektiver waren als schwache, vor allem bei niedrigen Temperaturen, wie sie bei der Mandelblüte vorkommen.

McGregor (1976) empfiehlt einen Abstand von 160m zwischen den platzierten Kolonien. Doch es scheint, dass die Stärke der Völker wichtiger ist als ihre Verteilung in der Plantage. Man erreicht gute Resultate wenn große Gruppen von starken Kolonien in einem Abstand von 0,4 bis 0,8 km innerhalb der Plantage platziert werden. (Traynor, 1993 nach Delaplane)

Empfohlene Bienendichte für Mandel (Delaplane, 2000):

Bienenstöcke/ha	Autoren
5,0 – 7,0	McGregor (1976)
2,5 – 7,0	Thorp und Mussen (1979)
7,0 – 10	Levin (1986)
5	Traynor (1993); Scott-Dupree <i>et al.</i> (1995)
6	Durchschnitt

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Marille [Aprikose] (*Prunus armeniaca* L.):

Im Jahr 2009 wurden in Österreich 5.965 Tonnen Marillen geerntet

Die Obstart Aprikose (Marille) umfasst als Hauptart *Prunus armeniaca* L. sowie 7 weitere Arten, die sämtliche in Mittelasien und Nordchina beheimatet sind. Man nimmt an, dass sie im Zeitalter des Tertiärs entstanden sind. Seit etwa 4000 Jahren werden Aprikosen in China kultiviert und teilweise auch als Ziergehölze genutzt. Von dort breiteten sie sich nach allen Richtungen aus und gelangten offenbar im 1. Jahrhundert n. Chr. nach Südosteuropa und Italien. In Europa zählten sie bis um 1600 mit zu den Pfirsichen. Erst seit Bauhin (1650) wird die Aprikose als selbstständige Obstart geführt und mit Marille bezeichnet. Dieser bis heute in Österreich und Süddeutschland für sie gebräuchliche Name ist also der ältere. (Störtzer *et al.*, 1992)

Von Italien gelangten im 15. Jahrhundert erstmals Aprikosen nach Frankreich. Im 16. Jahrhundert lernte man sie in England kennen, im 17. Jahrhundert wahrscheinlich in Amerika (Virginia) und Südafrika, weiter 100 Jahre später kam sie nach Australien. In den USA entwickelte sich der Aprikosenanbau rasch und man errang nahezu das Welthandelmonopol mit dieser Frucht. (Störtzer *et al.*, 1992)

Die Griechen nannten die Marille „Mailon armeniacon“, von wo der alte französische Name Armegne oder die italienische Bezeichnung Armenilli abstammen. Die Römer nannten sie Praecocium oder – in der Naturgeschichte von Plinius- arbor praecox (praecox = frühreif), von wo der spanische Name für die Marille, Albaricoque, der italienische Name Albicocco, der französische Name Aprikose herrühren sollen. (Wurm *et al.*, 2002)

In unserem europäischen Raum fand sie gute Verbreitung in Weinbaugebieten.

Die heutige Welterzeugung liegt bei 1,4 Millionen Tonnen. Die Hälfte davon wird in Europa gewonnen. Die zuckerreichen Früchte sind vielfach verwendbar; Frischverzehr, Nasskonserven, Marmelade, Dörrobst, Säfte, Branntwein, für Konditorzwecke.

Die Marille ist nicht nur eine delikate Frucht im Hausgarten. Der Erwerbsanbau ist aber begrenzt durch Standort- und Klimaanforderungen, Ertragsunsicherheit und Kurzlebigkeit der Bäume. Der Marktwert ist groß. Die Früchte sind transportfähig, die Kühl- und Tiefkühlagerung ist möglich. (Kreuzer, 1989)

Der verwendete Boden darf nicht tonreich, schwer oder schlecht belüftet sein. Leichte, sandige, kalkhaltige Böden mit hohem Humusgehalt und kiesigem Untergrund werden gewünscht.

Weinbauklima, trockene, sehr warme Standorte sind wichtig. Ideale Anbaugebiete sind z.B. in Italien, auf dem Balkan, in Ungarn und Österreich (Burgenland, Wachau, Wiener Becken). Stauende Nässe und hohe Niederschlagsmengen sind sehr nachteilig, Spätfröste gefährden die Blüte. Das Holz ist nicht ganz frosthart. Gerüst- und Stammschutz durch Kalkanstriche ist empfehlenswert. (Kreuzer, 1989)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Blütenknospe enthält meist nur eine Blüte, ein Knoten oft mehrere Blütenknospen. Blütenknospen sitzen immer seitlich am einjährigen Holz. Terminal befinden sich Holzknospen. Bei mehrjährigen Kurztrieben findet man nur am vorjährigen Holz Blütenknospen. (Wurm *et al.*, 2002)

Langtriebe tragen seitlich, gehäuft am Ende von Wachstumseinheiten, Blütenknospen in gemischter Knospenstellung, d.h., die Blütenknospen entstehen lateral beidseitig neben einer Holzknospe in den Blattachsen. An der Basis der ersten Wachstumseinheit findet man fast keine Blütenknospen. Mit den folgenden Wachstumseinheiten steigt die Zahl der Blütenknospen. Am Ende der ersten Wachstumseinheit findet man meist unabhängig von der Sorte und Unterlage durchschnittlich ein bis zwei Blütenknospen pro Nodium, am Ende der zweiten und dritten Wachstumseinheit zwei bis drei Blütenknospen pro Nodium und am Ende der letzten Wachstumseinheit bis zu vier Blütenknospen pro Nodium. (Wurm *et al.*, 2002)

Die Blüteninduktion beginnt im Juni, setzt sich bis zum Sommerende fort und ist stark abhängig von Reserven an Glykosiden im Zusammenspiel mit der Stärke des Triebwachstums. Das erklärt teilweise die Blütenverteilung auf den Trieben.

Die Differenzierung beginnt im Laufe des Sommers, kommt im Winter fast zum Stillstand und wird im Frühjahr mit der Blüte abgeschlossen. Während der langsamen Periode der Differenzierung im Winter wird die zur Aufhebung der Dormanz nötige Kältesumme erreicht. Die Differenzierungsverlangsamung beginnt im Oktober und dauert je nach Klima und Sortenansprüchen unterschiedlich lange. (Wurm *et al.*, 2002)

Die Blüte eines Baumes beginnt an den Kurztrieben, geht auf die mittleren Bereiche von Langtrieben über und setzt sich bis zu deren Spitzen fort. Der unterschiedliche Blühzeitpunkt an Lang- und Kurztrieben kann bei Spätfrost eine nicht unbedeutende Rolle spielen.

Im Ovarium sind zwei Eier enthalten, eines stirbt meist ab. Die effektive Befruchtungsdauer beträgt nur vier

Tage. Bei kühler Witterung sinkt der Prozentsatz an befruchteten Blüten. (Wurm *et al.*, 2002)

Wie die meisten kultivierten Obstbäume und ihre wildwachsenden Verwandten sind auch die Marillen ausgiebige Nektar- und Pollenspender. Zwischen den Gattungen und Arten, und manchmal auch zwischen den Kultursorten, bestehen Unterschiede in der Nektarsekretion, sowohl in Bezug auf Menge und Zuckergehalt des Nektars wie auf seine chemische Zusammensetzung (Zuckerbild). Daraus ergeben sich Unterschiede der Attraktivität für Insekten, Konkurrenz zwischen gleichzeitig blühenden Arten und Störung der Bestäubung und des Fruchtansatzes. (Maurizio, 1994)

Eine Erhöhung der Pollenmenge auf der Narbe steigert die Wachstumsrate des Pollenschlauchs und infolgedessen die Fruchtbildung. (McLaren *et al.*, 1996)

Effektive Befruchtung erfordert eine hohe Keimrate und schnelles Wachstum des Pollenschlauchs. Unter optimalen Bedingungen erreicht der Pollenschlauch das Ovarium in 2 bis 3 Tagen. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen dem Prozentsatz an Keimfähigkeit und Pollenviabilität. (Audergon *et al.*, 1999)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Die Marille ist in der Regel selbstfruchtbar. Die ausreichende Befruchtung entsteht durch Wind und Insekten (Bienen). Vereinzelt kommen auch selbstunfruchtbare Sorten vor. Die Blüte ist oftmals sehr frostgefährdet, weil sie schon im März erscheint. (Kreuzer, 1989)

Marillen besitzen eine kürzere Blühperiode als Äpfel. Demnach ist die Zeit, in der Honigbienen eine Fremdbestäubung durch Austausch des Pollens innerhalb des Stocks erreichen können, wesentlich kürzer als beim Apfel. (McLaren *et al.*, 1996) Wind allein sichert die Befruchtung nicht. (Wurm *et al.*, 2002)

Die Empfänglichkeit der Blüten variiert mit der Kultur. In Neuseeland hatte „Sundrop“ eine kurze Aufnahmeperiode, während „Moorpark“ mit acht Tagen eine der längsten Perioden besaß. (McLaren *et al.*, 1996)

„Sundrop“ ist selbstinkompatibel und Handbestäubung (selbstbestäubt) resultierte in 9,1% Fruchtbildung, während Fremdbestäubung mit 14 anderen Variationen eine Fruchtbildung von 17% bis 90% zur Folge hatte, sowie eine durchschnittliche Fruchtmenge von 0,2 bis 28 Stück pro 30 cm Zweig. (McLaren *et al.*, 1992)

In anderen Experimenten hatte „Sundrop“ durch Selbstbestäubung eine Fruchtbildung von lediglich 0,4%. Der Grad an Fruchtbildung pro Reihe nimmt mit zunehmender Distanz zur nächsten kompatiblen Pollenquelle ab. (McLaren *et al.*, 1996)

In Neuseeland zeigten sich drei Faktoren, welche die Fruchtbildung signifikant beeinflussten. Diese waren:

1. Die Anzahl der Tage mit mehr als 18°C zwischen 5% und 90% der Blüte,
2. die durchschnittliche Temperatur über die folgenden drei Wochen und
3. die Temperatur während der Blüte.

In allen Fällen war das Resultat bei höheren Temperaturen schwerere Früchte:

1. Die Voraussetzungen entsprechen 3 bis 5 Tage über 18°C,
2. eine Temperatur, welche 9,4°C für die Dauer von drei Wochen überschreitet und
3. eine Durchschnittstemperatur von mehr als 9,1°C. (McLaren *et al.*, 1996)

Honigbienen sind die einzigen signifikanten Insekten, welche die Marille befliegen. Pollensammler bearbeiten die Marilleblüten schneller als Nektarsammler (5,3 gegenüber 2,7 Blüten/Minute). (Austin *et al.*, www.agric.wa.gov.au, 2010)

Ein Durchschnittswert von 4 Bienen/Baum, aufgezeichnet um 11 Uhr, war notwendig, um einen zufriedenstellenden Ertrag zu erzielen. (McLaren *et al.*, 1996) Bei guten Wetterbedingungen wurde eine Bienendichte von 9 Bienen/Baum für die Dauer von sechs Stunden verzeichnet. (Austin *et al.*, www.agric.wa.gov.au, 2010) Für die Dauer von 30 Sekunden ist die Mindestanzahl zwei Bienen pro Baum. (McLaren *et al.*, 1992)

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-) Bei der Variation „Trevant“ erhöhten Honigbienen die Produktion um 48% gegenüber von Bienen isolierten Bäumen. (Victoria)
-) 16% der nahrungssuchenden Bienen sind Nektarsammler. (Victoria)
-) Bei „Trevant“ machten Honigbienen 97% der nahrungssuchenden Insekten aus. (Victoria)

Empfohlene Bienendichte:

Goodman (1994) ist der Meinung, dass 2-3 Kolonien pro Hektar benötigt werden.

Vier bis zehn Bienenstöcke pro Hektar zu Blühbeginn aufzustellen ist jedenfalls lohnend. Stellt man drei oder vier Stöcke nebeneinander auf, fördert man das Anfliegen der Kultur. Die Stöcke sollten windgeschützt, am besten in die Mitte der Anlage mit Öffnung nach Osten platziert werden. (Wurm *et al.*, 2002)

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Mohn (*Papaver L.*):

Im Jahr 2009 wurde in Österreich Mohn auf einer Fläche von 2.186 Hektar angebaut. (Grüner Bericht, 2010)

Die etwa 100 Mohnarten verteilen sich mit wenigen Ausnahmen auf Europa und Asien, wobei Südeuropa und der Vordere Orient besonders viele Arten aufweisen. Darunter befindet sich eine sehr alte Kulturpflanze, der Schlafmohn, *Papaver somniferum* L. Er wird sowohl seines opiumhaltigen Milchsafte wie seiner ölhaltigen Samen wegen angebaut. Die Kulturen zur Opiumgewinnung erstrecken sich über die Türkei, Kleinasien, Persien und Indien. In Europa wird der Schlafmohn besonders in Süd- und Osteuropa zur Samengewinnung angebaut. Der Samen wird als Gewürz verwendet oder gepresst. Der Schlafmohn gehört zu den wertvollsten und ertragreichsten Sommerölfrüchten. Der Samen enthält kein Opium, aber zwischen 40 und 50% Öl. Die Rückstände bei der Pressung enthalten etwa 30% Eiweiß und dienen als Kraftfutter. (Maurizio, 1994)

Der Mohnanbau verlangt ein sonniges, warmes Klima mit mäßiger Feuchtigkeit und wenig Wind, da die Stängel leicht knicken. Der Mohn stellt hohe Ansprüche an Boden und Nährstoffe. Eine starke Kali- und

Phosphordüngung (100-120 kg/ha und 70-90 kg/ha) und reichlich Stickstoff sind vonnöten. Man sät 3-4 kg/ha, nicht tiefer als 1 cm. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Blüte des Mohns (*Papaver* L.) besteht aus zwei Kelchblättern, welche abfallen, sobald die Blüte sich öffnet, sowie vier Kronblättern. (Free, 1993) Die zahlreichen, von innen nach außen reifenden, Staubblätter sind bei den rotblütigen Mohnarten (*Papaver rhoeas*, *P. dubium*, *P. orientale*) dunkel, bei den hellblütigen (*Papaver somniferum*, *P. nudicaule*) gelb. (Maurizio, 1994)

Das Ovarium verfügt über eine Kammer mit etlichen Ovule; die Narbe ist groß und mehrlappig. (Free, 1993)

Die Mohnarten sind insektenblütige, nektarlose Pollenpflanzen. Die zahlreichen Staubblätter liefern ungeheure Mengen feinkörnigen Pollens. Die Pollenmenge wird für *Papaver dubium* mit 6,6mg je Blüte angegeben, die Zahl der produzierten Pollenkörner für *Papaver rhoeas* mit 2 600 000 je Blüte und 298 Millionen je Pflanze. Die Pollendarbietung beginnt mit der Blütenentfaltung zwischen 5 und 6 Uhr morgens und dauert bis 10 Uhr, mit einem Maximum zwischen 6 und 8 Uhr (60-80% des Gesamtpollens). Nach 10 Uhr ist der ganze Pollenvorrat einer Blüte abgeerntet, und der Bienenbesuch hört auf. (Maurizio, 1994)

Die Mohn-Pollenhöschen sind groß (mittleres Gewicht für *Papaver rhoeas* 9,6-9,8mg; für *Papaver orientale* 8,6mg). Ihre Farbe ist so auffallend, dass die Trachtherkunft schon mit bloßem Auge bei den heimkehrenden Pollenträgerinnen erkannt werden kann. Sie sind grünschwarz bei *Papaver rhoeas* und blauschwarz bei *Papaver orientale*. *Papaver somniferum* und *Papaver nudicaule* liefern gelbe Pollenhöschen. Mohnpollen gehört zu den stickstoffreichen (Stickstoffgehalt 4,6%) und den biologisch für Bienen wirksamsten Pollenarten. (Maurizio, 1994)

Es gibt keine Nektarien, jedoch wird *Papaver somniferum*, wie viele andere Variationen des Mohns, eifrig von Bienen und weiteren Insektengattungen zwecks Pollengewinnung befliegen. (Free, 1993)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Laut Howard *et al.* (1910) kommt es, obwohl Selbstbestäubung vor dem Öffnen der Blüte auftritt, auch zu Fremdbestäubung durch Insekten. Bei Käfigung der Blüten produzierten sie weniger Samen als üblich. Weitere Experimente sind notwendig, um den möglichen Nutzen von Selbst- und Fremdbestäubung durch Insekten zu ermitteln. (Free, 1993)

Honigbienenkolonien, welche 100m entfernt von einem 0,2ha großen Schlafmohnbestand platziert wurden, gewannen bis zu 32% ihres Pollens von diesen Pflanzen. (Free, 1959)

Ein Experiment von Darwin (1876) zeigte, dass automatische Selbstbestäubung und Selbstbefruchtung auftritt; 30 Kapseln, von abgedeckten und unbedeckten Pflanzen, gaben 16,5 bzw. 15,6g Samen.

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Pfirsich und Nektarine (*Prunus persica* (L.) BATSCH):

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Nektarine ist eine mutierte Variation des Pfirsichs. Es kommt mitunter vor, dass nektarinenähnliche Früchte auf Pfirsichbäumen wachsen, und umgekehrt. (Delaplane, 2000)

Die Kronblätter, normalerweise fünf, sind oval und messen 25mm bis 40mm im Durchmesser. Kelchblätter sind vorhanden, jedoch klein. (McGregor, 1976) Die etwa 15-30 Staubblätter umgeben einen einzelnen, aufgerichteten Griffel, der in die Samenanlage führt. Die Samenanlage selbst enthält zwei weibliche Samenzellen. (Delaplane, 2000) Das Ovarium des Pfirsichs ist mit einer dichten Haarschicht überzogen. Jenes der Nektarine ist normalerweise kahl, wie bei der Zwetschke. (McGregor, 1976)

Die Tatsache, dass nur ein Ovula befruchtet werden muss damit es zu einer Fruchtbildung kommt, verglichen mit hunderten Ovule bei anderen Früchten wie Melonen oder Papayas, vereinfacht die Bestäubung des Pfirsichs enorm. (McGregor, 1976)

Üblicherweise sind die Blüten um 6 Uhr vollständig geschlossen, die meisten sind um 10 Uhr geöffnet und spätestens zu Mittag sind dann alle Blüten offen. (Randhawa *et al.*, 1963)

Die Narbe ist aufnahmebereit sobald sich die Blüte öffnet und verbleibt in diesem Zustand für 4-7 Tage. Die Antheren verteilen Pollen während dieser Zeitspanne; je früher die Blüte nach ihrer Öffnung bestäubt wird, umso mehr wird der Fruchtansatz optimiert. (Delaplane, 2000)

Die Anzahl der Antheren pro Pflanze ist unterschiedlich. Gewöhnlich verkaufte Pfirsiche besitzen normalerweise zwischen 32 und 39 Antheren pro Blüte (durchschnittlich 1300 Pollenkörner pro Anthere und 47 000 pro Blüte), Dosenpfirsiche haben zwischen 30 und 38 Antheren pro Blüte (durchschnittlich 1500 Pollenkörner/Anthere und 55 000/Blüte) und Nektarinen besitzen zwischen 33 und 40 Antheren pro Blüte. Einige Variationen haben 28 bis 30 Antheren/Blüte. (Benedek und Nyeki, 1996)

Die meisten Pfirsiche besitzen kleine Blüten, während jene der Nektarinen normalerweise größer sind. Größere Blüten sind günstiger für Honigbienen, da sie auf ihnen leichter landen können (z.B.: Red June; Redchief; Flavortop; etc.). Kleinere Blüten sind demnach ungünstiger, besonders jene der Sorten Early Redhaven, Redhaven, Loadel, Dixired und Shasta. (Benedek und Nyeki, 1996)

Bei kleineren Blüten neigen Bienen dazu seitlich zwischen Kronblatt und Staubblatt an den Nektar zu gelangen und vermeiden dadurch oftmals den Kontakt mit der Narbe. Bei größeren Blüten befinden sich Kron- und Staubblätter in einer Position, die das seitliche Nektarsammeln verhindern und somit eine Bestäubung stattfinden kann. (Benedek und Nyeki, 1996)

Nektar wird an der Basis der Blütenkrone abgesondert. (Delaplane, 2000) Beachtliche Mengen werden produziert. Die Werte reichen von 5 bis 45 mg/Blüte; Dosenpfirsiche neigen dazu mehr Nektar zu produzieren. (Benedek und Nyeki, 1996)

Die Zuckerkonzentration des Nektars liegt zwischen 30% und 50%, der Prozentsatz ist abhängig vom Wetter. (Benedek und Nyeki, 1996)

Die Anzahl der Pollenkörner pro Anthere variiert zwischen 450 und 2800 Stk. und die Menge an Pollenkörnern pro Blüte reicht von 15 000 bis 101 400 Stk. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Die optimale Temperatur für die Reifung und Freisetzung des Pollens liegt bei über 25°C. Die optimale Luftfeuchtigkeit für Reifung und Freisetzung beträgt 50% bis 70%. Durch die Luft übertragener Pollen war mit

einem Wert von 2,5 Körnern pro m³ so gut wie nicht vorhanden. (Langridge *et al.*, 1977)

Die Pollenproduktion variiert stark in aufeinanderfolgenden Jahren und Unterschiede zwischen Sorten im selben Jahr sind normalerweise geringer als Unterschiede ein und derselben Sorte in verschiedenen Jahren. (Benedek und Nyeki, 1996)

Langridge *et al.* (1977) berichteten, dass bei einer Pfirsichplantage im Laufe einer Blühzeit durchschnittlich 600g Pollen pro Bienenstock eingelagert wurden. Benedek und Nyeki (1996a) beobachteten 15,3 mg Pollen pro Biene. Das Sammeln von Pollen war morgens (9 Uhr) häufiger der Fall, während am späten Nachmittag das Einbringen von Nektar primär zu beobachten war. (Mattu *et al.*, 1994)

Viele Insekten nutzen Pfirsiche als Nektar- und Pollenquelle. (Delaplane, 2000)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Bestäubungserfordernisse des Pfirsichs und der Nektarine ähneln denen des Apfels. Bestäubung von Pfirsichen und Nektarinen ist relativ einfach, da nur eine Samenzelle pro Samenanlage befruchtet werden muss. (McGregor, 1976)

Die meisten Variationen des Pfirsichs und der Nektarine sind selbstfertil. Die Frucht wird ausgebildet nachdem die Blüte mit eigenem Pollen bestäubt wurde. Es gibt jedoch Sorten, die die Fähigkeit zur Selbstbestäubung nicht besitzen. Daraus resultiert eine sehr geringe Fruchtbildung, sofern sie nicht mit Pollen einer anderen Sorte bestäubt werden. Dies wird idealerweise durch Honigbienen bewerkstelligt. Die Fruchtbildung kann zwischen 22% und 84% liegen. (Szabo *et al.*, 1998) Andere Untersuchungen zeigen, dass die Fruchtbildung der meisten selbstfertilen Pfirsichsorten bei 10% bis 25% liegt; bei Nektarinen durchschnittlich bei 10% bis 20%. (Nyeki und Szabo, 1996)

Aber auch selbstfertile Sorten profitieren von Insekten, die den Pollen der Antheren zu den empfangsbereiten Narben überstellen. (Delaplane, 2000) Murneek (1937) meinte: „Egal, ob eine Variation selbststeril oder selbstfertil ist, Insekten sind für eine ausreichende Bestäubung und Fruchtbildung gleichermaßen notwendig.“

Kerr (1927) umhüllte die Zweige von 27 Kulturen und fand heraus, dass 19 ausreichend, 5 nicht ausreichend und 2 gar nicht selbstbefruchtend waren.

Wenn das Wetter klar und mild ist, besuchen Bienen die Blüten während des gesamten Tages; bei Kälte oder Nässe können ihre Anflüge ausbleiben. Bei der Suche nach Nektar kommen sie an die Nektarien und drücken dabei eine oder mehrere Antheren gegen die Narbe oder reiben sie. In beiden Fällen gelangt Pollen auf die Narbe. Bei selbstfertilen Kulturen ist eine große Bienenpopulation nicht notwendig um adäquate Erträge zu erzielen. (Boller, 1953)

Die Nahrungssuche steht im Zusammenhang mit der Temperatur. Eine Verbindung mit der relativen Luftfeuchtigkeit konnte nicht nachgewiesen werden. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Bei Bienenstöcken in Victoria konnte durch Beobachtung festgestellt werden, dass in 41% der Fälle mehr als 100 Bienen pro Minute den Stock verließen und bei 10% waren es sogar 200 Bienen pro Minute. Die maximale Anzahl an Bienen pro Baum betrug 3,6 mit einem Durchschnitt von 1,2 Bienen, welche die Pfirsichblüte anfliegen. (Langridge *et al.*, 1977)

Honigbienen besuchten 3,74 Blüten pro Minute und jeder Aufenthalt dauerte 20,5 Sekunden. (Mattu *et al.*, 1994)

Benedek und Nyeki (1996) beobachteten, dass innerhalb von 15 Minuten die Anzahl an Bienenflügen zu Blüten zwischen 4 und 107 lag. Dosenpfirsiche hatten einen Durchschnitt von 53 Bienenanflügen pro 15 Minuten, während gewöhnliche Pfirsiche in derselben Zeit 28 Anflüge verzeichneten. 1 bis 30 Anflüge kann für jede offene Blüte innerhalb eines Tages erwartet werden, wenn das Wetter günstig ist.

Durch Fremdbestäubung kommt es bei vielen Sorten zu einer besseren Fruchtbildung verglichen mit selbstbestäubten Pflanzen, und bei allen Kulturen wurde eine leicht gesteigerte Fruchtbildung verzeichnet, wenn sie von Bienen befliegen wurden. (Bulatovic und Konstantinovic, 1962)

Wind bestäubt weder Pfirsiche noch Nektarinen aktiv. (Delaplane, 2000) Sowohl Chandler (1951) als auch Langridge (1969) berichteten über wenig Pollen, welcher durch die Luft übertragen wurde.

Jedoch beobachtete Connors (1922b, 1926) ein Ausbleiben der Fruchtbildung in Glashäusern auf Grund der fehlenden Luftströmungen, welche die Blüte beeinflussen und einen Kontakt der Staubblätter mit der Narbe bewirken. Bestäubung durch Bienen oder Handbestäubung ist demnach notwendig. (McGregor, 1976) Auch Coote (1895) zeigte, dass Bäume in Glashäusern durch Bienenbeflug eine ausgeprägte Fruchtbildung hatten. Die Bäume produzierten 84 Früchte pro Baum mit Bienenbeflug gegenüber 5 Früchte/Baum in ihrer Abwesenheit. (Vermeulen und Pelerents, 1965) Gekäfigte Blüten produzierten durch Handbestäubung doppelt so viele Früchte wie gekäfigte Blüten ohne Behandlung. (Crandall, 1920)

Viele selbststerile Kulturen sind teilweise oder komplett vom Markt verschwunden, trotz ihrer guten Qualität, da das Zwischensetzen von fertilen Sorten und Insektenbestäubung für ihre Produktion notwendig waren. (McGregor, 1976)

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)2,9facher Anstieg bei der Fruchtbildung (9,5% zu 27,6%: $P < 0,01$) und 2,6facher Anstieg im Gewicht (18,2 kg pro Baum zu 46,6 kg/Baum: $P < 0,05$) bei der Variation „Crawford“ bei von Bienen isolierten bzw. offenen Flächen. Die Bienenstöcke waren nicht weiter als 14 Meter entfernt. (Langridge *et al.*, 1977)

-)Die Aktivität der Honigbiene bei offenen Blüten steigerte die Rate der Fruchtbildung erheblich. (Nyeki *et al.*, 1998)

-)Die Befruchtung war bei ungekäfigten Zweigen mit intensivem Bienenbeflug immer höher als bei gekäfigten ohne Bienenanflüge. Bei Dosenpfirsichen zeigten sich nur geringe Änderungen bei ausbleibendem Bienenbeflug. Ungekäfigte Zweige produzierten 1,3-mal mehr Früchte als gekäfigte. Bei gewöhnlichen Pfirsichen war die Fruchtbildung um das 1,6fache höher bei ungekäfigten Zweigen verglichen mit gekäfigten.

Bei Nektarinen war der Ertrag bei ungekäfigten Zweigen 2,3-mal höher als bei gekäfigten. (Benedek und Nyeki, 1996)

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Pfirsich und Nektarine:

AUTOR JAHR	ERTRAGSAUSWIRKUNGEN
VERMEULEN und PELERENTS (1965)	5 Früchte pro Baum (ohne Bienen) 84 Früchte pro Baum (mit Bienen)

Empfohlene Bienendichte:

Brenner (1963) empfiehlt eine starke Kolonie pro 1,2ha bis 2ha bei frischen Plantagen; bei älteren Plantagen reicht eine Kolonie pro 3,2ha.

1 bis 2 Bienenstöcke pro Hektar für Jungbäume und 2,5 Bienenstöcke/ha bei älteren Plantagen werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Goodman (1994) hält 3 starke Kolonien/ha für angemessen.

Empfohlene Bienendichte für Pfirsiche (Delaplane, 2000):

<i>Bienenstöcke/ha</i>	<i>Autoren</i>
0,5-0,7	Benner (1963)
1-2 (für jüngere Bäume)	Crane und Walker (1984)
2,5 (für ältere Bäume)	
2,5-5	Levin (1986)
2,5	Mayer (1980)
0,2-2,5	Williams (1994)
2,5	Scott-Dupree <i>et al.</i> (1995)
2	Durchschnitt

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Raps (*Brassica napus* L.):

Im Jahr 2009 wurden in der EU 21,35 Mio. Tonnen Raps auf einer Fläche von 6,45 Mio. Hektar geerntet, davon 170.815 Tonnen in Österreich. (Grüner Bericht, 2010)

Raps ist eine amphidiploide Art, die nachweislich aus den Genomen der Rübsen (*B. campestris*) und des Kohles (*B. oleracea*) zusammengesetzt ist. Dementsprechend ist auch keine Wildform zu finden. Im Mittelmeerraum überlappen sich die Mannigfaltigkeitszentren von *B. campestris* und *B. oleracea*. Es wird angenommen, dass *B. napus* durch spontane Bastardierungen entstanden ist. Wo sich zunächst Wildpflanzen entwickelt haben, ist nicht geklärt.

Wahrscheinlich ist, dass *B. napus* erst vor wenigen hundert Jahren in Europa in Kultur genommen wurde. Um 1360 findet sich „Raepsaet“ unter den fetthaltigen Nahrungsmitteln in den Niederlanden. Aus dem Jahr 1421 wird in den Niederlanden bei der „Zehnten“- Abgabe „Raepsade“ genannt. Auch ist eine Anleitung zum Anbau von „rapacium semen“ von 1570 aus dem Niederrheingebiet überliefert.

In den verschiedenen Gebieten entstanden durch menschliche Auslese und die Mitwirkung des jeweiligen Klimas Landsorten, mit denen etwa vor 100 Jahren eine Züchtung durch systematische Auslese und bald auch Kreuzungen begann. In Mitteleuropa unterlag der Raps einer sehr wechselnden Wertschätzung und damit auch einem starken Wechsel im Anbau. (Schuster, 1992)

Bedeutende Rapsanbaugebiete in Europa liegen in Frankreich, den Niederlanden, Belgien, Deutschland, Dänemark und Südschweden, in Norwegen, Polen und in Tschechien. In Italien, Spanien und Griechenland sowie in allen Ländern mit trockenem, sommerwarmem Klima fehlt er jedoch. Außerhalb Europas sind China, Japan, Indien, Pakistan, Russland und Kanada von Bedeutung.

Die Pflanzenzüchtung hat beim Raps beachtliche Erfolge aufzuweisen. Nicht nur die Erträge konnten erheblich gesteigert werden (Erträge: 1954 1410 kg Raps/ha; 1988 2460 kg/ha), vor allem auch der Anteil der unerwünschten Erucasäure konnte abgebaut werden. Die heutigen „00“ – Rapsorten sind praktisch frei davon. Weiteres Zuchtziel ist es, die Fettsäurequalität zu verbessern, d.h. den Gehalt an Linolsäure, einer essentiellen Fettsäure, zu erhöhen. (Maurizio, 1994)

Im Jahr 2005 wurden in Österreich 35.022 ha Raps kultiviert und ein Durchschnittsertrag von 2,96t/ha geerntet. (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2006)

Die richtige Aussaatzeit ist außerordentlich wichtig für die Kultur. Man sät Mitte bis Ende August, so dass die Pflanzen mit einer Blattrosette von 8 – 10 Blättern in den Winter kommen. Raps ist sehr nährstoffbedürftig. Stickstoff in Mengen von 160 – 240 kg/ha, Phosphat (für die Körnerbildung wichtig) 120 – 150 kg/ha, evtl. eine geringe Magnesiadüngung ist empfehlenswert. Die ausreichende Versorgung mit Bor ist notwendig für die Befruchtung und die Bildung samenreicher Schoten. Die Aussaatmenge (4 – 8 kg) richtet sich nach den Bodenverhältnissen und nach der Art der beabsichtigten Erntetechnik.

Weiters sollte der Raps auch eine ausreichende Schwefeldüngung erhalten, damit die Blüten schön gelb gefärbt sind; ansonsten wird er von Bienen ignoriert.

Einige Schwierigkeit bereitet die Bekämpfung von Schädlingen, die etwa gleichzeitig mit der Blüte auftreten, wie z.B. der Rapsglanzkäfer. Bienenschädigungen können durch Vorblütespritzungen oder Verwendung von bienenungefährlichen Mitteln unterbunden werden.

Raps ist zu hohem Grade autogam, über 70% des Samenansatzes erfolgt durch Selbstbestäubung. Wind trägt in deutlichem Ausmaß zur Pollenübertragung bei. (Maurizio, 1994)



Abb. 3.1: Honigbiene beim Sammeln von Rapspollen (BOKU, Institut für Pflanzenbau)

Botanik des Raps

Der Raps (*Brassica napus* L.) gehört innerhalb der Familie der Brassicaceae zu der vielförmigen und für den

Menschen nützlichen Gattung Brassica.

Raps wird in Europa als Sommer- und Winterraps angebaut. Die Sommerform ist bis nach Norwegen als ölliefernde Frucht im Anbau, während sie in Mitteleuropa meist zur Grünfuttergewinnung oder als Gründüngung genutzt wird.

Aber auch im Süden Europas, wo keine ausreichend niedrigen Temperaturen herrschen, wie in Italien und Spanien, um den Winterraps zum Schoßen und Blühen zu bringen, kann der Sommerraps als Winterfrucht angebaut werden. Winter- oder Sommerform ist vom genetisch festgelegten Kältebedürfnis (Vernalisation) abhängig.

Nachkommen von Kreuzungen zwischen Winter- und Sommerform spalten in sehr unterschiedliche Reaktionstypen auf, so dass Formen für die verschiedensten Klimagebiete selektiert werden können.

Zwischen den Vernalisationsbedürfnis und der Winterfestigkeit bestehen gewisse Beziehungen. Winterformen bilden im Herbst keine langgestreckten Triebe, sondern eine Rosette mit tiefliegendem Vegetationspunkt. (Schuster, 1992)

Auch wird bei den Wintertypen eine kräftigere Pfahlwurzel ausgebildet, die bis zu 120cm in den Boden eindringen kann. Während der Jugendphase bildet sich ein dichtes Netz von Faserwurzeln. Die intensive Durchwurzelung des Bodens durch Raps und die spätere Zersetzung der feinen Faserwurzeln wirken günstig auf den Boden und damit auf die Nachfrucht. (Schuster, 1992)

Die Beblattung ist bis zur Blüte dicht. Die Farbe der ausgewachsenen Blätter ist meist dunkelgrün, bereift, schwach behaart, gestielt, ganzrandig bis gezähnt und am Ende gelappt. Die oberen Stengelblätter umfassen zur Hälfte den Stengel und stehen wechselständig.

Der Stengel ist kräftig und bis zu 200cm lang. Kurz vor der Blüte bilden sich Nebentriebe 1. und 2. Ordnung. Die Stärke und Form der Verzweigung ist genetisch bedingt, wird jedoch durch Umweltbedingungen, vor allem weiten Standraum, gute Wasser- und Nährstoffversorgung stark modifiziert. (Schuster, 1992)

Blütenbiologie

Die Blüten von Raps besitzen vier Kelchblätter und vier gegenüberstehende Kronblätter. Sie sind zwittrig, mit sechs in zwei Kreisen angeordneten Staubblättern, zwei zu einem fächerigen Fruchtknoten zusammengewachsenen Fruchtblättern mit einem Griffel und einer zweilappigen Narbe.

Die Nektarien sind Bildungen des Blütenbodens, die als kleine drüsige Höcker oder ringförmige Auswüchse am Fuße der Staubblätter liegen.

Die Nägel der Kelch- und Kronblätter der Rapsblüte bilden eine trichterförmige Vertiefung, an deren Grund der Nektar abgesondert wird. Von den vier Nektarien sondern die lateralen, am Grunde der Staubgefäße liegenden, große Mengen Nektar ab; die Sekretion der medianen, zwischen den langen Staubgefäßen sitzenden Nektarien bleibt spärlich.

Zwischen den äußeren und den inneren Nektarien bestehen auch Unterschiede in der Innervierung. Das Gewebe der stark sezernierenden lateralen Nektarien ist von mehreren feinen Leitsträngen durchwachsen, die in Verbindung mit dem Siebteil der Leitbündel in Kelch- und Kronblättern stehen. Genetisch bedingte Unterschiede in der Nektarproduktion sind bekannt. Bei Entleeren des Nektars kann die Blüte innerhalb von 30

Minuten wieder Nektar nachliefern, wobei mehrmaliges Abernten des Nektars den Nektarfluss insgesamt ansteigen lassen kann. Guter Bienenbeflug wirkt sich positiv auf den Honigertrag aus. Gegen Ende der Blütezeit geht die Zuckerkonzentration im Nektar zurück. (Maurizio, 1994)

Gelegentlich wird beim Raps auch Nektardiebstahl betrieben, die Bienen Schieben ihren Rüssel seitlich an der Basis der Kronblätter zum Blütengrund, ohne dabei Bestäubungsdienste zu leisten. (Maurizio, 1994)

Rapsnektar

Nach Untersuchungen in Deutschland, Dänemark, Frankreich, Polen und der Schweiz sondern die einzelnen Blüten im Mittel in 24 Stunden 0,6mg Nektar mit einem mittleren Zuckergehalt von 44 – 59% ab, was einer Zuckerproduktion von 0,29 – 0,90 mg entspricht. Wird die Anzahl Blüten an einer Rapspflanze mit 200 – 300 und der beanspruchte Raum mit 150 cm² je Pflanze angenommen, ergibt sich daraus eine annähernde Anzahl von 12 Millionen Blüten je ha. Nimmt man an, dass etwa 10 Blüten an jeder Pflanze gleichzeitig blühen und jede Blüte durchschnittlich zweimal honigt, so bietet ein blühendes Rapsfeld den Bienen täglich etwa sechs kg Zucker pro ha und etwa 40 – 200 kg/ha während der ganzen Blütezeit.

Rapsnektar besteht zur Hauptsache aus einer wässrigen Lösung von Trauben- und Fruchtzucker, wobei Traubenzucker mengenmäßig vorherrscht. Mischungsverhältnisse mit sehr niedrigem Traubenzuckeranteil sind sehr selten und immer genetisch bedingt. Dies führe dann auch zu langsamerer Kandierung des Honigs. Rohrzucker, der im Nektar anderer Pflanzen in der Regel in größeren Mengen vorkommt, fehlt hier fast völlig (Saccharosegehalt im Mittel 2,1% des Gesamtzuckers). Diese Eigentümlichkeit, die auf das Vorhandensein eines stark wirksamen zuckerspaltenden Ferments im Nektar hinweist, wirkt sich noch im Rapshonig aus, der in der Regel ebenfalls glukosereich und saccharosearm ist. (Maurizio, 1994)

Rapspollen

Die Pollenproduktion je Blüte beträgt bei Raps 1 – 1,3 mg. Die Gesamtpollenproduktion wird auf 90 bis 174 kg/ha geschätzt. Die Pollenhöschen sind schwefelgelb. Sie besitzen einen hohen Nährwert (Eiweißgehalt 22 – 27%; Gesamtstickstoff 4,3 – 4,9%). So trägt die Rapspollentracht nicht allein zur Frühjahrsentwicklung der Völker bei, sie treibt sie sogar vielfach zum Schwärmen. Rapstrachten eignen sich wegen ihrer Ergiebigkeit auch gut zum Einsatz von Pollenfallen. (Maurizio, 1994)

Einleitung

Meine Doktorarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien befasste sich mit der Steigerung der Hektarerträge bei landwirtschaftlichen Kulturen, insbesondere bei Raps in Österreich. Es konnte nachgewiesen werden, dass durch den Einsatz von Honigbienen zur Bestäubung die Erntemengen deutlich gesteigert werden können.

In den letzten Jahren ist es verstärkt zu Klagen über Ernterückgänge, hervorgerufen durch mangelnde Bestäubung, gekommen. Grund dafür ist der Rückgang an bestäubenden Insekten. Die Ursachen liegen im rasanten Niedergang der heimischen Honigbienenhaltung, in den immer größer werdenden Feldstücken in Monokultur, dem daraus resultierenden Verschwinden von Habitaten und Nahrungsquellen wildlebender Bestäubungsinsekten und im teils intensiven Einsatz von Agrochemikalien. Deshalb widmete sich diese Arbeit

der Dokumentation und Analyse der Wirkung der Honigbiene auf die Erntemengen wichtiger landwirtschaftlicher Kulturen, um das Ausmaß und die Bedeutung des Verschwindens der Bienenhaltung aufzeigen zu können.

Material und Methoden

Versuchsanordnung

Die Versuchsanordnung bestand aus ebenen, gleichmäßigen Rapsfeldern mit über 500m Länge. Am Feldrand wurden jeweils acht Bienenstöcke aufgestellt. Die Bienen beflogen das Feld von einer Seite und es galt durch die Untersuchungen nachzuweisen, ob in der Nähe des Bienenstandes ein höherer Ertrag geerntet werden konnte als an entfernteren Probenstellen.

Da bei dieser Arbeit nur der Einfluss der Honigbiene untersucht und dokumentiert wurde, konnten keine Parzellen mit Insektennetzen abgedeckt werden, da sonst auch alle anderen wildlebenden Bestäubern wie z.B. Hummeln, Käfern, Wildbienen etc. von den Pflanzen abgehalten worden wären. Es ging um den Mehrertrag, der ausschließlich auf die Honigbiene zurückzuführen war.

Es wurden jeweils drei Stellen von je einem Quadratmeter untersucht im Abstand von 15m, 30m, 60m, 100m, 150m, 200m, 300m, 400m und 500m entfernt vom Bienenstand, in Summe somit 27 Probenstellen zu je einem Quadratmeter pro Feld.

Es wurden acht Bienenstöcke vor Blühbeginn pro Versuchsfeld aufgestellt. Durch das gleichzeitige Blühen des Versuchsfeldes waren die Bienen der acht Stöcke mit dem Überangebot an Nektar und Pollen weit überfordert.

Wenn die Honigbiene zum Sammeln ausfliegt, sucht sie eine möglichst nahe Nahrungsquelle, fliegt dort solange, bis ihre Honigblase gefüllt ist oder die Pollenhöschen groß genug sind und kehrt dann in den Bienenstock zurück, um ihre Fracht zur weiteren Verarbeitung abzuliefern. Durch diese Tatsache kommt es nahe an den Bienenstöcken zu wesentlich stärkerem Bienenbeflug und somit zu intensiverer Bestäubung als bei Probenstellen die mehrere hundert Meter entfernt liegen.

So konnten am Ende der Felder kaum noch Bienen beobachtet werden.

Genau diese Unterschiede zwischen Parzellen mit intensivem Bienenbeflug und kaum Bienenbeflug sollten nachgewiesen werden.

Ernte und Probenaufbereitung

Vor dem Abernten der Rapsfelder durch Mähdrescher wurden jeweils drei Proben zu je einem Quadratmeter in den Abständen 15m, 30m, 60m, 100m, 150m, 200m, 300m, 400m und 500m von den Bienenvölkern genommen.

Die Probennahme erfolgte durch händisches Abernten der Gesamtpflanzen in den jeweiligen Parzellen. Um die Probenflächen konstant bei einem Quadratmeter zu halten, wurde ein, auf einer Seite offener Metallrahmen mit den Abmessungen 1m x 1m verwendet.

Nach Einschleiben des Metallrahmens quer zur Drillrichtung wurden die Pflanzen mit einer Heckenschere vorsichtig fast ebenerdig abgeschnitten und auf eine Plastikplane gelegt. Von dort war es möglich, das Probegut in 100 Liter Papiertüte zu geben, ohne nennenswerte Verluste im Erntegut hinnehmen zu müssen. Es wurden die Gesamtpflanzen geerntet, um von allfälligen Gewichtsunterschieden des Strohs (Pflanzen bereits ohne Samen) auf Unterschiede der Wachstumsbedingungen rückschließen zu können. Bei gleichmäßigem Strohgewicht waren die Wachstumsbedingungen an den Probenstellen gleich und der Unterschied im Samenertrag ist den Honigbienen zuzurechnen.

Die Säcke wurden beschriftet mit der Entfernungsangabe und dem Buchstaben A, B oder C, um die drei Proben bei gleicher Entfernung unterscheiden zu können. Diese dreifache Wiederholung war für die statistische Auswertung wichtig, um die natürliche Schwankung des Ertrages berücksichtigen zu können.

Messung und Analyse des Probenmaterials

In der Boku-Versuchsanstalt Gr. Enzersdorf wurden die Proben folgendermaßen verarbeitet:

Wiegen des Gesamterntegutes jeder Probenparzelle

Einzelndreschen jeder Probe

Windsichten, um noch verbliebene Verunreinigungen zu entfernen

Wiegen des reinen Erntegutes jeder Parzelle

Ausrechnen des Strohgewichtes als Gewichts Differenz des Gesamterntegutes und des reinen Erntegutes

Tausend Samen mittels Zählmaschine zählen

Wiegen der 1000 Samen, um das Tausendkorngewicht zu bestimmen

Statistische Auswertung

Das Datenmaterial wurde mithilfe der Software Microsoft Excel, SPSS für Windows Version 11.0 und dem Statistikprogramm SAS aufbereitet und ausgewertet.

Zum Testen von Hypothesen wurde ein α von 5% zugrunde gelegt.

Zur Überprüfung der Faktorwirkungen wurde ein allgemeines lineares Modell verwendet. Als fixer Einflussfaktor geht das „Versuchsfeld“ ein und die Bestäubungsleistung der Bienen wird über den Zufallsfaktor „Entfernung vom Bienenstand“ berücksichtigt.

Zusätzlich werden die einzelnen Entfernungsstufen mittels t-Tests für Multiple Mittelwertvergleiche nach Tukey verglichen.

Ergebnisse

Im allgemeinen linearen Modell zeigen sich die Faktoren „Versuchsfeld“ und „Entfernung“ jeweils hochsignifikant (jeweils $p < 0,0001$). Das Bestimmtheitsmaß R^2 des gesamten Modells beträgt 0,81.

Tabelle 3.1:

Geschätzter Mittelwert und Standardabweichung des Ertrages mit paarweisen Vergleichen der Entfernungsstufen

(multipler Mittelwertvergleich nach Tukey) bei Raps

Der Ertragsverlauf kann auch an Abbildung 3.1 ersehen werden. Hier sind für jedes Feld die Messwerte in unterschiedlicher Farbe aufgetragen, jeweils drei pro Entfernungsstufe.

Durch die drei Punktwolken wurde jeweils eine Regressionsgerade gelegt.

Am parallelen Verlauf dieser Regressionsgeraden kann man die Sicherheit der Faktorwirkung „Entfernung“ ablesen, da auf allen drei Feldern die Abnahme des Ertrages ähnlich stark ist.

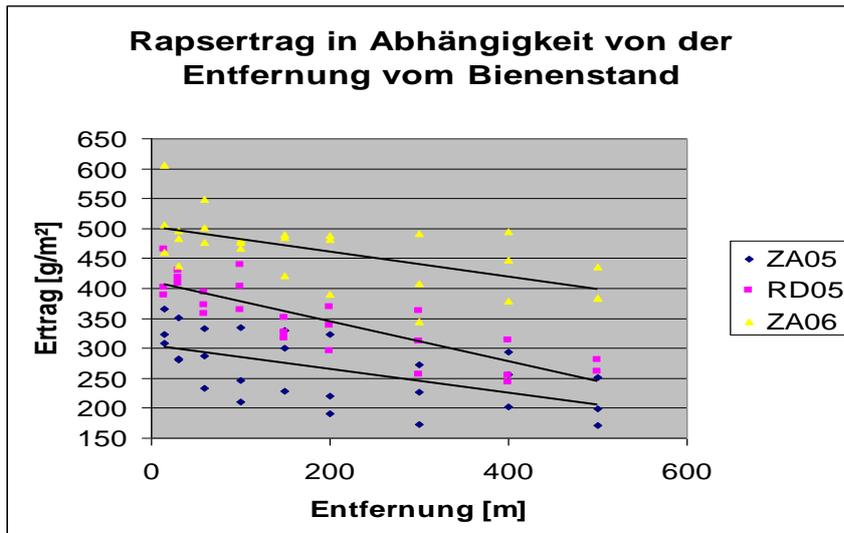


Abb. 3.1: Rapserttrag in Abhängigkeit von der Entfernung vom Bienenstand

Der Ertragsunterschied von Feldanfang und Feldende ist ca. 100g/m^2 . Umgerechnet auf den Hektarertrag sind das ca. 1000kg/ha , der der Bestäubungsleistung der Honigbiene zugerechnet werden kann.

Um allfällige Standortunterschiede an den einzelnen Messpunkten und ihre Auswirkungen auf den Samenertrag nachzuweisen, wurden die Gesamtpflanzen geerntet. Unter Abzug des Samenertrages errechnete sich das „Strohgewicht“, welches einer statistischen Analyse zugeführt wurde. Unter den Einflussfaktoren „Versuchsfeld“ ($p < 0,0001$) und „Entfernung“ ($p = 0,0043$) konnten allerdings keine signifikanten Unterschiede des Strohgewichtes in den paarweisen Vergleichen festgestellt werden.

Das deutet auf gleichmäßige Wachstumsbedingungen hin.

Zusammenfassung und Diskussion

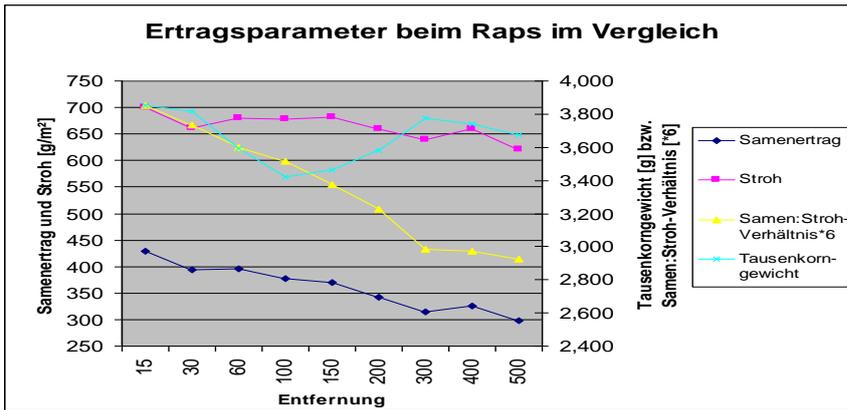


Abb. 3.2: Ertragsparameter beim Raps im Vergleich

Zusammenfassend kann folgendes festgehalten werden:

Der Einfluss der Honigbiene auf den Samenertrag bei Raps ist hochsignifikant ($p < 0,0001$) bei einem Bestimmtheitsmaß von 0,81. An drei Versuchsfeldern konnte nachgewiesen werden, dass der Mehrertrag, der durch die Bestäubungsleistung der Honigbiene zustande kommt, ca. 100g/m^2 oder umgerechnet ca. 1000kg/ha beträgt.

Dies deckt sich mit zahlreichen Arbeiten anderer Autoren: z.B.

KORPELA (1988) stellte eine 10-15% Ertragssteigerung fest und bei schlechteren Wachstumsbedingungen und ungünstigem Wetter für die Windbestäubung wesentlich mehr.

KAMLER (1983) wies bei verschiedenen Rapsorten durch die Bestäubungsleistung der Honigbienen einen 1,5mal so hohen Ertrag aus.

PRABUCKI (1982) fand heraus, dass bei bienenbeflogenen Rapsfeldern 15 bis 30 Samen pro Schote waren und bei Feldern ohne Bienen nur 1 – 10 Samen pro Schote.

Der Strohertrag ist an den Entfernungsstufen annähernd gleich, ein geringfügiges Gefälle der Strohmenge mit der Entfernung ist dadurch zu erklären, dass ein erhöhtes Aufkommen an Samen auch mehr Schoten und Stützgewebe verlangt.

Der Quotient aus Samenertrag/Strohmenge wurde herangezogen, um allfällige Bodeneinflüsse statistisch korrekt zu berücksichtigen. Es zeigt sich, dass dieser Quotient mit der Entfernung vom Bienenstand signifikant kleiner wird (weniger Samen aber nahezu gleichbleibendes Strohgewicht), dies belegt wieder den signifikanten Einfluss der Honigbiene.

Der allfällige Einfluss der Bienen auf das Tausendkorngewicht war nicht signifikant, das bedeutet, der Mehrertrag an Erntegut kommt durch mehr Samen zustande und nicht durch größere Samen.

Ergebnisse anderer Autoren:

KORPELA (1988) machte von 1977 bis 83 Bestäubungsversuche in Finnland mit *Brassica campestris*. Er verwendete Netzkäfige mit Bienen und Vergleichskäfige ohne Bienen. Seine Auswertungen ergaben eine Steigerung der Samen pro Schote und eine Steigerung der Schoten pro Pflanze bei den Pflanzen in den Bienenkäfigen. Die Pflanzen in den bienenfreien Netzkäfigen verlängerten ihre Blütezeit um zwei bis drei Wochen und produzierten schwerere Samen. Bei guten Wachstumsbedingungen und günstigem Wetter für die Windbestäubung ist eine Ertragsteigerung durch Bienenbestäubung von 10 – 15% möglich, bei schlechteren

Wachstumsbedingungen und ungünstigem Wetter für die Windbestäubung kann der Unterschied wesentlich größer ausfallen.

SVENDSEN (1990): In Feldversuchen mit Netzkäfigen in Dänemark in den Jahren 1977 bis 85 mit den Rapssorten Olga, Line, Karat und Topas wurden neun Prozent höhere Erträge bei den Parzellen mit Bienenbeflug beobachtet. Wobei auf die großen Jahresschwankungen und Sortenunterschiede hingewiesen wurde. Der Ölgehalt ist um 2,0, 0,7, 1,3, und 1,5 % höher für Olga, Line, Karat und Topas bei den Parzellen mit Bienenbeflug im Vergleich zu den gekäfigten Parzellen. Auch waren die Schoten länger mit mehr Samen und nicht so viele wenigsamenhaltige Schoten bei den Bienenparzellen. Das 1000 Korngewicht war bei den Pflanzen der Bienenparzellen niedriger als bei den gekäfigten Parzellen.

WILLIAMS und SIMPKINS J (1989): Untersucht wurde die Pflanzenentwicklung und der Samenertrag bei „00“ Rapssorten (niedrige Erucasäure und niedrige Glucosinolate). Drei Varianten: Käfig mit Bienen, Käfig ohne Bienen und eine frei abblühende Parzelle. Die Samen pro Schote waren bei den Pflanzen im Bienenkäfig und im frei abblühenden Feld um 9% höher als im gekäfigten Feld ohne Bienen. Die Samen der bienenbestäubten Pflanzen waren leichter. Der Unterschied war nicht signifikant.

FREDIANI *et al.* (1987): Untersucht wurde in der Toskana die Nektarabgabe und Zuckerkonzentration bei den Rapssorten Doral und Lingot. Doral gab 9,52µl Nektar pro Blüte, Lingot 3,67µl im Mittel. Die Zuckerkonzentration lag bei beiden zwischen 36 – 41 %. Die häufigsten Blütenbesucher waren Honigbienen, bei Doral waren es mehr als bei Lingot (eigene Anmerkung: Grund: höhere Nektarproduktion bei Doral). 75% der Bienen waren Nektarsammler, der Rest Pollensammler. Ertrag und Qualität waren in den frei blühenden Parzellen signifikant höher als in gekäfigten Parzellen ohne Insekten.

MESQUIDA und RENARD (1987): 1982 bis 84 wurden in Rennes, Frankreich Netzkäfigversuche mit *Brassica napus* var. Jef –neuf gemacht. In den Netzkäfigen der verschiedenen Parzellen waren entweder Honigbienen, Hummeln (*Bombus terrestris*), Fliegen (*Calliphora*) oder keine Insekten. Einige Käfige hatten elektrische Ventilatoren (eigene Anmerkung: um die Windbestäubung zu simulieren). Es konnten statistisch signifikante Unterschiede festgestellt werden: Die Zahl der Samen pro Schote war in den Käfigparzellen bei den Honigbienen am höchsten (16,3); bei der Hummel 14,6, bei den Ventilatoren 14,8 und bei den Käfigen ohne Insekten 16,1. Bei den ungekäfigten Parzellen ergab die Auswertung 18,2 Samen pro Schoten. Dies war der höchste Wert. Der Unterschied in Hektarertrag und Tausendkorngewicht war nicht signifikant. Die Untersuchungen 1984 ergaben einen signifikanten Mehrertrag bei den nicht gekäfigten Parzellen

KAMLER (1983): In Feldversuchen mit 21 verschiedenen Sorten von *Brassica napus* wurde in der Tschechoslowakei 1976 bis 80 der Einfluss der Honigbiene untersucht. Bei den Versuchsflächen mit Bienen war der Ertrag 1,5 mal so hoch wie bei den Flächen ohne Bienen. Es gab eine große Schwankungsbreite zwischen den Sorten. Der höhere Mehrertrag war durch eine höhere Anzahl von Schoten möglich, es gab keinen signifikanten Unterschied bei der Anzahl der Samen in den Schoten.

PRABUCKI (1982): Bei Untersuchungen in Polen in den Jahren 1976 bis 78 wurden sechs Sorten von *Brassica*

oleracea verglichen. Die Blüten waren sehr attraktiv für viele Insekten, besonders für Hymenoptera (Hautflügler), Diptera (Fliegen), Coleoptera (Käfer), und Lepidoptera (Schmetterlinge). Über 65% aller Insektenbestäuber waren Hymenoptera und von diesen 83% Honigbienen. Bestäubung und Felderträge waren abhängig von den Wetterbedingungen. Bei guten Bedingungen, mit Bienenbeflug von 100 Blütenbesuchen pro Stunde, wurden mehr Schoten gebildet und mehr Samen pro Schote. Von Bienen bestäubte Pflanzen bildeten Schoten mit 15 bis 30 Samen aus, unbestäubte lediglich 1 bis 10 Samen. Die höchsten Feldererträge wurden mit fünf bis neun Bienenstöcken je Hektar erzielt.

FRIES und STARK (1983): Eine Methode zur Messung des Einflusses der Honigbiene bei Rapsfeldern (*Brassica campestris*) wurde 1982 in Schweden getestet. Die Anzahl der Honigbienen an verschiedenen Zählpunkten war signifikant in Zusammenhang mit der Entfernung zu den Bienenstöcken. Andere Untersuchungsflächen wurden mit Käfigen insektenfrei gehalten, um Korrekturfaktoren zu erhalten, um die anderen Einflüsse kompensieren zu können (eigene Anmerkung: z.B. Bodeneinflüsse). Die Versuche zeigten, dass diese Versuchsanordnung für solche Untersuchungen geeignet war und eine höhere Bienenpopulation sowohl den Feldertrag als auch den Ölgehalt der Samen erhöht.

LANGRIDGE und GOODMAN (1982): Bei einem Feldversuch mit *Brassica napus* Sorte Midas in northern Victoria, Australien auf trockenem Land konnte keine Steigerung des Feldertrages oder Ölgehaltes auf Parzellen mit Honigbienen und größeren Insekten im Vergleich mit gekäfigten Parzellen festgestellt werden. Das Tausendkorngewicht war in den gekäfigten Parzellen geringfügig höher. Honigbienen und *Melangyna viridiceps* waren die dominierenden Blütenbesucher. Selbstbefruchtung und Windbestäubung scheinen für diese Sorte die Norm zu sein.

KISSELHEGN (1977): In dieser dänischen Studie aus dem Jahr 1977 wird auf die Wichtigkeit der effektiven Bestäubung von Raps durch die Honigbienen hingewiesen, um eine etwaige Verkreuzung mit nicht „0% Erucasäure“- Sorten zu vermeiden.

LERIN (1982): In dieser französischen Arbeit aus dem Jahr 1982 wurden Käfigversuche mit und ohne Hummeln bei Rapskulturen beschrieben. Die Anzahl der Schoten und Samen pro Schote am Hauptspross der Rapspflanze war in den Hummelparzellen wesentlich höher, dies verringerte aber die Entwicklung von Schoten auf den Sekundärtrieben.

Die Inektenbestäubung reduzierte die Unterschiede bei der Abreifung der Samen und der Ertrag wurde um 26% im Vergleich zu den Parzellen ohne Hummeln gesteigert. Der Unterschied war nicht signifikant.

LEVIN (1983): Dieser amerikanische Bericht aus dem Jahr 1980 fasst den Wert der Bestäubungsleistung der Honigbienen in den USA zusammen. So ist der Wert, der direkt durch die Bestäubung entsteht bei (Früchten z.B. Äpfel, Zitrusfrüchte, Sonnenblumen, Mandeln, etc), plus der Wert in der Samennachzucht (z.B. Spargel, Kraut, Karotten, Zwiebel, etc) plus Rohstoffe, die indirekt von der Bienenbestäubung abhängen (z.B. Rindfleisch, Milch etc., 10% des Gesamtwertes wird auf Bienenbestäubung zurückgeführt) 19 Milliarden Dollar im Jahr 1980.

Der Wert von Honig und Wachs in diesem Jahr betrug 140 Millionen Dollar.

BENEDEK (1985): Im Jahr 1985 wurde für Ungarn die Wertschätzung der Bestäubungsleistung der Honigbiene aufgrund der Daten des Statistischen Zentralamtes in Budapest kalkuliert und veröffentlicht. Es wurden die Daten von 1975 bis 1980 für 24 Pflanzenarten herangezogen.

Der Wert betrug 11,5 Mrd Forint, dies entsprach ca. 10% des Gesamtwertes dieser landwirtschaftlich genutzten Pflanzen.

HOLM S *et al.* (1985): Bei dieser dänischen Arbeit aus dem Jahr 1985 wurden Sortenversuche mit Raps unter folgenden Bedingungen gemacht:

Je drei Pflanzen einer Sorten wurden separiert in Kleinstglashäuser. Pro Sorte gab es drei Varianten: Glashaus mit Blattschneiderbiene, Glashaus mit händischem Schütteln der Blüten, Glashaus ohne Eingriff. Die Ergebnisse variierten stark, wobei ein schnelleres Abreifen bei den Parzellen mit den Blattschneiderbienen festgestellt wurde. Auch erhöht der Bienenbeflug die Anzahl der Schoten und die Samenproduktion.

PRASAD *et al.* (1989): Bei dieser indischen Arbeit aus dem Jahr 1989 wurden Käfigversuche mit *Brassica juncea* gemacht. Bei offen abblühenden Pflanzen war der Samenertrag 75,8%, bei gekäfigten Parzellen mit *Apis cerana* war der Samenertrag 72,3% und bei gekäfigten Parzellen ohne Insekten nur 48,3%. Die Hektarerträge lagen bei frei abblühenden Pflanzen bei 13,4 dt, bei den gekäfigten mit Bienen bei 11,3 dt und bei den gekäfigten ohne Insekten bei 10,0 dt.

Der Ölgehalt und die Keimfähigkeit waren bei den Samen mit Bienenbestäubung höher.

ADEGAS und NOGUEIRA COUTO (1992): Bei diesen brasilianischen Netzkäfigversuchen aus dem Jahr 1992 wurden folgende Ergebnisse erzielt: Durch die Bienenbestäubung kam es zu einer signifikanten Steigerung der Anzahl der Schoten.

In den Netzkäfigen mit Bienen lag die Schotenzahl bei 799, in den Netzkäfigen ohne Bienen bei 308 Schoten und bei den frei abblühenden Parzellen waren es 540 Schoten pro Parzelle.

Auch das Tausendkorngewicht war bei den Bienenparzellen signifikant höher, kein Unterschied konnte in der Samenanzahl pro Schote und in der Keimfähigkeit festgestellt werden.

80,6% der Blütenbesucher auf den freiabblühenden Parzellen waren Honigbienen (*Apis mellifera*).

MIAH *et al.* (1993): Bei dieser Arbeit aus Bangladesch aus dem Jahr 1993 wurden Netzkäfigversuche mit *Apis cerana* (Asiatische Honigbiene) gemacht. In den Netzkäfigen mit den Honigbienen waren die Schotenanzahl pro Pflanze, die Samenanzahl pro Schote und der Gesamtsamenertrag pro Parzelle signifikant höher als bei der frei abblühenden Variante oder bei der Variante mit Netzkäfig ohne Insekten.

ARBEITSGRUPPE BESTÄUBUNG DES NATIONALEN INSTITUTS FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE FORSCHUNG (INRA, Frankreich) (2000):

Untersucht wurde der Einfluss der Honigbiene auf das Auftreten von Flugpollen bei Raps. Die Versuche wurden unter sechs insektendichten Zelten (2x3x2m, 2mm Maschenweite) durchgeführt, in denen vier Reihen männlich-fertiler und zwei Reihen männlich-steriler Raps-Pflanzen, *Brassica napus* L., wuchsen. In drei der Zelte wurden kleine Bienenvölker platziert. In den sechs Zelten wurden je fünf männlich-sterile Pflanzen mit Tüll (hexagonale

Öffnungen mit 2mm Weite) eingehüllt, damit konnte nur Flug-Pollen eine Befruchtung ermöglichen. Die Anzahl Pollenkörner, die auf dem beleimten Glasscheiben kleben blieben, welche sich horizontal unter Tüllstoff befanden, war in Zelten mit Honigbienen signifikant höher als in denen ohne Bienen (60,2 +/- 1,5 gegenüber 21,0 +/- 2,9) und das, obwohl in diesen weniger männlich-fertile Blüten zu verzeichnen waren (230/m² gegenüber 403). Darüber hinaus war die Anzahl in dem Zelt mit der größten Dichte nahrungssuchender Bienen höher (15 gegenüber 8,9/1000 Blüten). Nichtsdestotrotz ergab sich bei einer von insgesamt sieben Untersuchungsperioden, bei der starker Wind herrschte, ein anderes Ergebnis. Die Menge des Flugpollens war abhängig von der Dichte der männlich-fertilen Blüten und wurde nicht signifikant durch die Aktivität der nahrungssuchenden Bienen beeinflusst. Die Bestäubung war grundsätzlich in Zelten mit Bienen besser, sogar bei männlich-fertilen Pflanzen (Fruchtansatz = 74,8% und 68%; Samen/Frucht = 20,1 und 9,9, jeweils mit und ohne Bienen). Es ist bemerkenswert, dass die Anwesenheit von Honigbienen erforderlich war, um männlich-sterile Pflanzen zu bestäuben, sogar wenn männlich-fertile Pflanzen benachbart blühten (Fruchtansatz = 69% und 8,6%; Samen/Frucht = 16,7 und 3,2, jeweils mit und ohne Bienen). Die Ergebnisse bei den männlich-sterilen Pflanzen unter Tüllstoff bestätigten die Bedeutung des durch die futtersuchenden Bienen auffliegenden Pollens für die Bestäubung (Fruchtansatz = 20,8% und 2,9%; Samen/Frucht = 5,8 und 1,7, jeweils mit und ohne Bienen). Dies war das erste Mal, dass die Rolle der futtersuchenden Honigbienen für das Freisetzen von Flug-Pollen nachgewiesen werden konnte. Dieser Nachweis erfolgte unter den eingeschränkten Versuchsbedingungen mit schwacher Luftbewegung, hoher Pollenkonzentration und hoher Dichte nahrungssuchender Honigbienen.

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Raps:

Autor, Jahr	Ertragsauswirkung	Weitere Auswirkungen
KORPELA, 1988	10 – 15% Mehrertrag durch Honigbienen, bei schlechten Wachstums- und Witterungsbedingungen wesentlich mehr	Verkürzung der Blühzeit bei Bienenbeflug
SVENDSEN, 1990	9% Mehrertrag durch Honigbienen	1,5% höherer Ölgehalt
WILLIAMS, 1989	9% Mehrertrag	
FREDIANI, 1987	Ertrag und Qualität signifikant höher	
MESQUIDA, 1987	Samen pro Schote signifikant höher	
KAMLER, 1983	Ertrag 1,5mal höher	Mehr Schoten pro Pflanze
PRABUCKI, 1982	1-10 Samen/Schote ohne Bienen 15-30 Samen/Schote mit Bienen	Mehr Schoten pro Pflanzen
FRIES, 1983	Höherer Feldertrag	Höherer Ölgehalt
LANGRIDGE, 1982	Kein Effekt	
LERIN, 1982	Ertragssteigerung durch Hummeln	
HOLM, 1985	Mehr Samen	Mehr Schoten
PRASAD, 1989		Ölgehalt höher Keimfähigkeit höher
ADEGAS, 1992		Mehr Schoten, höheres Tausendkorngewicht
MIAH, 1993	Signifikant höherer Ertrag mit Bienen	Mehr Schoten Mehr Samen

Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Da Raps grundsätzlich attraktiv für Honigbienen ist, bedarf es kaum einer besonderen Konditionierung. Lediglich zu bedenken ist das Nektarmaximum am Morgen, sodass das erstmalige Öffnen der Stöcke morgens stattfinden sollte.

Empfohlene Bienendichte:

Als Zusammenfassung der Literaturempfehlungen und der eigenen Untersuchungen sollten zwischen sieben bis neun Völker pro Hektar zur Pollination verwendet werden.

Ribisel [Johannisbeere] (*Ribes* L.):

Es gibt mehr als 150 Arten der Gattung *Ribes*, die auf der nördlichen Halbkugel sowohl in Europa und Asien wie in Amerika vorkommen. Die systematische Gliederung ist recht schwierig; man hat sie in Unterarten zusammengefasst. Für unsere Kulturformen ist die Untergattung *Ribes* wichtig, zu der die Stammformen der Johannisbeere gehören wie u.a. *Ribes sativum* und *R. rubrum*, *R. patraeum* WULF. und *R. multiflorum* KIT. Es sind stachellose Sträucher mit abschälender Rinde, schalenförmigen Blüten und säuerlichen, roten und weißen Früchten. (Maurizio, 1994)

Johannisbeeren und Stachelbeeren sind seit dem 16. und 17. Jahrhundert in Kultur. Die ersten Beschreibungen von verschiedenen Kultursorten der Stachelbeere stammen aus England, das sich noch immer der Stachelbeerzüchtung besonders annimmt. Die neuere Züchtung sieht nicht nur auf die Fruchtgröße, sondern versucht, die Winterhärte und die Krankheitsresistenz durch Einkreuzen anderer Arten zu verbessern. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Blüten der roten (*Ribes rubrum* L.) und schwarzen Ribisel (*Ribes nigrum* L.) setzen sich zusammen aus je 5 Kron- und Kelchblättern, 5 der becherförmigen Blütenachse eingefügten Staubblättern und einem unterständigen, einfächerigen, mit zwei teilweise verwachsenen Griffeln versehenen Fruchtknoten. Das drüsige Nektariengewebe kleidet die Innenwände des Achsenbechers aus. Es ist durch einen zwischen Fruchtknoten und Staubblattkreis liegenden nichtdrüsigen Wall in zwei ringförmige Zonen getrennt. (Maurizio, 1969)

Ribes – Arten sondern große Mengen für Insekten leicht zugänglichen Nektar ab. Die tägliche Nektar- und Zuckerabsonderung je Blüte beträgt für die Rote Johannisbeere im Mittel 2,1 mg, bei einer Zuckerkonzentration von 16-32%; für die Schwarze Johannisbeere 3,1-13,7 mg und 9-26%. Daraus ergeben sich tägliche Zuckerwerte von 0,7-5,4 mg. (Maurizio, 1994)

Die Pollenproduktion ist mit 0,2-0,3 mg je Blüte spärlich. Der Pollen ist für Insekten vom Morgen bis in die Nachmittagsstunden zugänglich (Ganztagstypus). Die *Ribes* – Pollenhöschen haben eine grünlich-graue Farbe und wurden bisher nur selten beobachtet. (Maurizio, 1994)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Vergleichende Experimente betreffend Fremd- und Selbstbestäubung führten zu unterschiedlichen Resultaten. Während Wellington *et al.* (1921) zu dem Ergebnis kamen, dass alle getesteten Sorten selbstfertil wären und Selbstbestäubung genauso effektiv sei wie Fremdbestäubung, zeigten andere Versuche, dass sowohl Fruchtansatz als auch Fruchtgewicht durch Fremdbestäubung gesteigert werden. (Simonov, 1949; Neumann, 1955; Zakharov, 1960a) Des Weiteren wurde durch Pollen von mehr als einer Kulturpflanze ebenfalls eine Steigerung des Fruchtansatzes verzeichnet. Bei Pollen von einer, zwei oder drei alternativen Pflanzen zeigten sich durchschnittliche Werte von 22, 31 und 41%. (Zakharov, 1960a)

Die Sorten „Baldwin“, „Boskoop Giant“, „Seabrook's Black“, „Victoria“ und „Wellington XXX“ produzierten alle bei Fremdbestäubung mehr Fruchtansatz als bei Selbstbestäubung, doch einige Kulturen profitieren mehr von Fremdbestäubung als andere und variieren auch in ihrer Fähigkeit zur Selbstbestäubung. (Potter, 1963)

Honigbienen sind wichtig für die Bestäubung von Ribiseln. Schander (1956a, b) verzeichnete bei zwei Kulturen, die Bestäubung durch Bienen erhielten, 3,8 bzw. 2,5 mal so viel Fruchtansatz als bei von Bienen isolierten Pflanzen beobachtet werden konnte. Ein ähnlicher Versuch von Zakharov (1958) zeigte bei zwei Kulturen, die keinen Bienenbeflug erhielten, geringere Werte bei der Ausbildung reifer Früchte (62:49% bzw. 60:37%), vermindertes Fruchtgewicht (0,42:0,36 g bzw. 0,57:0,36 g) und weniger Samen pro Beere (14,5:6,6 bzw. 24,0:8,0). Gekäfigte Pflanzen in Neuseeland produzierten lediglich 0,68 kg Früchte pro Busch, während zum Vergleich freiliegende Kulturen auf 4,90 kg pro Busch kamen. (Wood, 1975) Von bestäubenden Insekten isolierte Pflanzen produzierten um 75-93% weniger Ertrag und weniger Samen pro Beere. (Blasse und Hofmann, 1988)

Schwarze Johannisbeere	Mit Bienen	Ohne Bienen
Durchschnitt pro Strauch	1336,6g	77,0g
Beeren je Traube	8,0g	2,0g
Samen je Beere	26,8g	23,5g

Imkerfreund (1986)

Etwa einen Monat nach dem Blühen beginnen viele Beeren abzufallen. Wellington *et al.* (1921) untersuchten die Ursache des plötzlichen Abfalls und kamen zu dem Schluss, dass mangelhafte Bestäubung der Grund dafür sei. Etwa die Hälfte der Beeren hatten keine entwickelten weiblichen Samenzellen, die andere Hälfte nur wenige entwickelt.

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Ribiseln:

AUTOR JAHR	ERTRAGS-AUSWIRKUNGEN	WEITERE AUSWIRKUNGEN
SCHANDER (1956 a, b)	3,8 bzw. 2,5 mal mehr Fruchtansatz	
ZAKHAROV (1958)	49 bzw. 37% Fruchtbildung (ohne Bienen) 62 bzw. 60% Fruchtbildung (mit Bienen)	36g Fruchtgewicht, 6,6 bzw. 8,0 Samen/Beere (o. Bienen); 42 bzw. 57g Fruchtgewicht, 14,5 bzw. 24,0 Samen/Beere (m. Bienen)
WOOD (1975)	0,68 kg Früchte/Busch (Käfig) 4,90 kg Früchte/Busch (freiliegend)	
BLASSE und HOFMANN (1988)	Ohne Insekten 75-93% weniger Ertrag	Weniger Samen pro Beere

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Saflor (*Carthamus tinctorius* L.):

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Der Blütenstand von Saflor (*Carthamus tinctorius* L.) besteht aus einem weitläufigen Blütenboden, auf dem sich eine Vielzahl an gelben und orangen Röhrenblüten befinden, welche wiederum von Deckblättern umgeben sind. Die Spitze des langen Korollaschlauchs ist in fünf Segmente unterteilt. Normalerweise platzen die Antheren frühzeitig auf; kurz darauf wird der Griffel länger und sobald die Narbe über der Spitze des Antherenschlauchs erscheint ist sie mit Pollen bedeckt; jedoch tritt die Narbe manchmal vom Antherenschlauch hervor, noch ehe der Pollen freigesetzt wurde. (Howard *et al.*, 1916a)

Boch (1961) beobachtete eine durchschnittliche Zuckerkonzentration des Nektars von nur 13-17% zwischen 6 und 8 Uhr, im weiteren Verlauf des Tages stieg der Wert auf 24-29%. Laut Rubis *et al.* (1966) lag die durchschnittliche Zuckerkonzentration bei 19% und Gary *et al.* (1977) berichteten, dass der gesammelte Nektar von Flugbienen eine durchschnittliche Konzentration von 27% aufwies.

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Konträre Resultate bei den Bestäubungserfordernissen wurden beobachtet. Howard *et al.* (1916a) berichteten, dass 25 Pflanzen, welche in Musselin- oder Netzkäfigen eingeschlossen waren, durchschnittlich 35,9 Samen pro Blühkopf produzierten verglichen mit 37,4 Samen/Blühkopf bei nicht gekäfigten Pflanzen. Sie schlossen daraus, dass Insektenbeflug für die Bestäubung nicht notwendig sei.

Boch (1961) käfigte drei Flächen, um Bienen auszuschließen, und erhielt nur halb so viele Samen verglichen mit offenen Flächen.

Eckert (1962) beobachtete, dass selbstfertile Saflorkulturen, gekäfigt oder frei abblühend, dieselbe Menge an Samen bildeten (66 : 64%); jedoch produzierten geringfügig selbststerile Kulturen bei Käfigung weniger (41 : 59%).

In Frankreich wurde durch Bienenbestäubung ein gesteigerter Ölgehalt der Samen festgestellt. (Barbier und Nadir, 1976)

In Australien wurden bei der Sorte „Gila“ durch Käfigung keine Unterschiede in Bezug auf Samenertrag pro Pflanze, Samengewicht, Ölgehalt und Keimungsrate zu frei abblühenden Flächen beobachtet. (Langridge und Goodman, 1980)

In Indien hatten gekäfigte Flächen zweier Kulturen weniger Samenertrag und ein geringeres Samengewicht als offene Flächen. (Deshmukh *et al.*, 1985)

Rubis *et al.* (1966) verglichen die Samenbildung bei mit Bienen gekäfigten, ohne Bienen gekäfigten und offenen Flächen und fanden heraus, dass die Anwesenheit von Bienen keinen Unterschied in Bezug auf Samenbildung und Ertrag bei einer normalen Stammkultur mit genügend Pollen ausmachte. Durch Verwendung einer Stammkultur, bei der das Aufplatzen der Antheren um einige Stunden verzögert ist, wurde durch die Anwesenheit von Honigbienen sowohl der Samenertrag als auch die Samenanzahl pro Blühkopf mehr als verdoppelt, obwohl das Gewicht pro Samen geringer ausfiel.

Spätere Experimente (Levin *et al.*, 1967) zeigten, dass Schmalbienen (*Halictus ligatus*, *Halictus tripartitus* und *Lasioglossum pectoraloides*) und Wespen (*Polistes exclamans*) effektive Bestäuber sind.

Verfügbare Belege zeigen, dass das Aufstellen von Bienenkolonien bei Stammkulturen, welche sowohl selbstbestäubend als auch selbstfertil sind, keine Steigerung des Samenertrags zur Folge hatte; bei nicht selbstbestäubenden oder nicht selbstfertilen Pflanzen könnten Bienen durch Fremdbestäubung der Blüte den Ertrag möglicherweise erhöhen. (Free, 1993)

Rubis *et al.* (1966) zeigten, dass Honigbienen in der Lage sind, den Samenertrag bei selbstfertilen, aber nicht selbstbestäubenden Stammkulturen wesentlich zu erhöhen, wenn wenig Pollen verfügbar ist. Möglicherweise haben Honigbienen einen größeren Effekt bei Stammkulturen, welche selbststeril sind und wenn viel Pollen verfügbar ist, oder bei Kulturen, deren Narben erst einige Stunden nach dem Aufplatzen der Antheren empfangsbereit werden. Da die Häufigkeit der natürlichen Fremdbestäubung extrem variiert (0-100%; Claassen, 1950), kann es zu großen Unterschieden bei der Bestäubungsleistung der Honigbiene kommen. (Free, 1993)

Howard *et al.* (1916a) beobachteten, dass extensive Fremdbestäubung in einigen Teilen Indiens auftrat, jedoch nicht in anderen. Kadam und Patankar (1942) berichteten, dass die Menge an kontaminierten Samen von der Distanz zwischen den Kulturen anhängig ist. Bei 30m oder mehr, und anderen Beständen dazwischen, wurde die Kontamination auf unwesentliche Mengen reduziert.

Bei der Produktion von Hybridsamen ist die weibliche, elterliche Linie nicht männlich-steril, sondern funktionell weiblich auf Grund der Selektion auf geringe Pollenfertilität kombiniert mit einem verzögerten Aufplatzen der Antheren. Die Röhrenblüten verlängern sich normal und die Narben treten frei von Pollen hervor, jedoch müssen sie Pollen der gewünschten männlichen Linien erhalten bevor der eigene Pollen sich entwickelt (9 Uhr 30 bis 10 Uhr) und die Antheren von nahrungssuchenden Bienen aufgerissen werden. (Rubis, 1970a) Eine hohe Konzentration an bestäubenden Insekten ist daher frühestmöglich von Nöten. (Free, 1993)

Rubis (1970a) beobachtete, dass Honigbienen manchmal auf das Anfliegen von weißen Blüten konditioniert sind und gelbe sowie orange Blüten ignorieren. Als er Blöcke von weiblichen und männlichen Reihen im Verhältnis 2:2, 4:2, 8:2, und 18:2 pflanzte, kam er auf durchschnittlich 71, 63, 52 und 32% Fremdbestäubung. Bei Pflanzen, welche im Verhältnis 18:2 gesetzt wurden, nahm die Fremdbestäubung stetig ab, je weiter sie sich in der Mitte des „weiblichen Blocks“ befanden; jedoch betrug der Wert 79% bei Pflanzen, welche gleich neben männlichen wuchsen. Die Daten legen nahe, dass, um maximale Bestäubung zu erreichen, weibliche und männliche Pflanzen in alternierenden Reihen gesetzt werden sollten. (Free, 1993)

In Ontario waren 90% der Insekten, welche Saflor befliegen, Honigbienen, 3% Wildbienen, überwiegend Hummeln, und 7% andere Insekten, hauptsächlich Syrphidae. (Boch, 1961)

Bei verschiedenen Feldern in Arizona waren 85-90% der anfliegenden Bienen Honigbienen, der Rest Wildbienen. Bienen der Gattung *Halictus* und *Lasioglossum* waren überwiegend während der frühen Blühphase zugegen; jene der Gattungen *Melissodes*, *Agapastemon* und *Megachile* wurden später zahlreich beobachtet.

(Levin und Butler, 1966; Butler *et al.*, 1966)

In Australien waren 75% der Saflor befliegenden Insekten Honigbienen und 21% *Lasioglossum* ssp. (Halictidae). (Langridge und Goodman, 1980)

In Indien machten Honigbienen der Spezies *Apis cerana*, *Apis dorsata* und *Apis florea* zusammen 81% der befliegenden Insekten aus. (Deshmukh *et al.*, 1985)

In Indien beobachteten Howard *et al.* (1916a), dass viele Bienen Saflor frühzeitig anfliegen, und im Speziellen die frisch geöffneten Blüten zwecks Pollengewinnung. Boch (1961) in Kanada fand heraus, dass Honigbienen mit ihrer Nahrungssuche um circa 7 Uhr begonnen und zwischen 9 und 11 Uhr am zahlreichsten vertreten waren. Während dieser zwei Stunden nahm die Menge an Nektar und Pollen in den Blüten rapide ab, und um 12 Uhr war fast alles gesammelt. Auch nahm die Anzahl an Honigbienen nach 12 Uhr stark ab. Im Gegensatz dazu stieg die Menge an Syrphidae, obwohl relativ wenige Individuen, bis 17 Uhr stetig an; der Grund dafür konnte nicht ermittelt werden. Rubis *et al.* (1966) und Levin und Butler (1966) verzeichneten ähnliche Resultate in Arizona, sowie auch Langridge und Goodman (1980) in Australien, jedoch waren die Bienen schon eine Stunde früher zahlreich vertreten. Sie beobachteten ebenfalls ein früheres Einstellen der Pollensuche, als es bei der Nektarsuche der Fall war.

Boch (1961) und Eckert (1962) beobachteten, dass die Bienen vermehrt Pollenhöschen hatten, während Levin und Butler (1966) mehr Nektarsammler verzeichneten. Es ist nicht klar, ob Pollensammler auch nach Nektar suchen, oder ob Nektar- und Pollensammler gleichermaßen effektive Bestäuber sind. (Free, 1993)

Langridge und Goodman (1980) berichten, dass lediglich sechs Honigbienen nach Pollen suchten; 99% sammelten Nektar. Honigbienen flogen durchschnittlich 9,4 Röhrenblüten pro Blühkopf an; davon 88% einen Blühkopf pro Pflanze; 11% flogen zwei und nur 1% drei Blühköpfe an.

In Indien begannen Honigbienen (*Apis cerana*, *Apis dorsata* und *Apis florea*) mit ihrer Nahrungssuche kurz nach 10 Uhr; die Pollensuche war um 14 Uhr und die Nektarsuche um 15 Uhr beendet. Die Zeit, welche pro Blühkopf bei der Pollen- und Nektarsuche aufgewandt wurde, betrug bei *A. cerana* 24 bzw. 21 Sekunden, bei *A. dorsata* 17 bzw. 13 Sekunden und bei *A. florea* 32 bzw. 33 Sekunden. (Deshmukh *et al.*, 1985)

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Sojabohne (*Glycine max* (L.) MERR.):

Im Jahr 2009 wurden in der EU 0,86 Mio. Tonnen Sojabohnen geerntet, davon 71.333 Tonnen auf einer Fläche von 25.321 Hektar in Österreich.

Der Anbau von Sojabohnen ist bereits seit dem dritten Jahrtausend v. Chr. in China nachweisbar. Seit dieser Zeit kennt man „Tofu“, ein quarkähnliches Produkt aus Sojamilch, das auch heute noch als eiweißreiches Nahrungsmittel geschätzt wird. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts wird die Sojabohne auch in Nordamerika angebaut, dort allerdings vor allem zur Verwendung als Tierfutter, zur Ölgewinnung, sowie als Hilfsstoff für die chemische Industrie. Hauptanbauggebiete sind heute die USA, gefolgt von Brasilien und China. Bezogen auf die Weltlandwirtschaft dürften heute etwa 4% der Anbaufläche auf Sojabohnen entfallen.

(Maurizio, 1994)

Nach Europa wurde die Sojabohne im 18. Jahrhundert durch Missionare eingeführt, wegen mangelnder Kenntnisse in der Produktionstechnik blieb es aber bei einzelnen Anbauversuchen. Erst die Eiweißkrise 1973 (Ausfuhrsperr der Amerikaner) brachte eine Wende im Anbau. Unter anderem wurden EG-Beihilfen angeboten, Sorten mit verbesserter Anpassungsfähigkeit wurden aus Kanada eingeführt, und wirksame Rhizobienpräparate aus Frankreich kamen zum Einsatz. (Maurizio, 1994)

In Europa finden sich die größten Anbaugelände für Sojabohnen heute in Italien mit knapp 450 000 ha, gefolgt von Frankreich mit etwa 150 000 ha. In der Bundesrepublik Deutschland wurden 1990 rund 3 000 ha angebaut, davon etwa 2 000 ha in der Oberrheinebene und etwa 1 000 ha in Bayern, im östlichen Niederbayern und in Unterfranken. Der Gesamtbedarf an Sojabohnen in der EU liegt bei 40 Mio. Tonnen – bei einer Ernte von 1,8 Mio. Tonnen im Jahr 1991 wurde der Bedarf also nur zu knapp 5% aus der Eigenproduktion gedeckt. (Maurizio, 1994)

Der besondere Wert der Sojabohnen liegt vor allem in ihrem hohen Gehalt an Eiweiß, aber auch an Öl. Für die menschliche Ernährung, in der Verwendung als Futtermittel in der Landwirtschaft sowie als Zulieferprodukt für die chemische Industrie finden sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten für Sojabohnen. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Der Blütenstand der Sojabohne ist eine Traube von 1-35 Röhrenblüten, jede circa 1 cm lang. Eine einzelne Pflanze kann bis zu 800 Röhrenblüten produzieren, von denen jede ein großes Hauptkronblatt, zwei schmale seitliche Kronblätter und zwei Kielkronblätter besitzt, die die zehn Staubblätter und den Griffel teilweise umschließen. (Delaplane, 2000) Der Blütenkelch ist im Verhältnis zur Blüte selbst und auch im Vergleich mit anderen Leguminosen relativ groß. (McGregor, 1976)

Die Samenanlagen enthalten 3-5 weibliche Samenzellen; jede Einzelblüte kann somit eine Hülse produzieren. Die Blütezeit entspricht einer Dauer von bis zu sechs Wochen, wobei jede individuelle Einzelblüte für nur einen Tag blüht. (Delaplane, 2000) Bestäubung und Befruchtung wird normalerweise vollzogen bevor sich die Blüte öffnet. (McGregor, 1976)

Bienen nutzen die Sojabohne als Quelle für Nektar und Pollen (Erickson, 1982), jedoch ziehen ihre Blüten Bienen nur in geringem Maße an. (Blickenstaff und Huggans, 1962) Der Saccharosegehalt im Nektar variiert zwischen 35% bis 53% (durchschnittlich 43,6%). (www.agric.wa.gov.au, 2010) Hitze und Trockenheit hemmen den Nektarfluss; günstige Auswirkungen auf die Nektarabsonderung haben gut wasserhaltige Böden bei geeigneter Nährstoffversorgung, ebenso feucht-warmes Wetter. (Maurizio, 1994)

Der Pollen der Sojabohne ist grau-braun. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Die Antheren geben Pollen ab und die Narben werden empfangsbereit noch ehe die Blüte sich öffnet; daher ist Selbstbestäubung die Norm bei der Sojabohne. Bestäubung durch Bienen zeigte in einigen Fällen einen erhöhten Fruchtansatz und Ertrag, jedoch variieren die Ergebnisse deutlich zwischen den Variationen und Anbaubedingungen. (Erickson, 1982)

Frühe Versuche von Piper und Morse (1910, 1923) in Virginia, Experimente von Woodhouse und Taylor (1913) in Indien und weitere von Milum (1940) in Illinois zeigten, dass gekäfigte und somit isolierte Pflanzen Hülsen und Samen in genau demselben Ausmaß produzierten wie freiliegende Pflanzen. Weiters wurde kein Beleg gefunden, dass jene freiliegenden Pflanzen von bestäubenden Insekten befliegen wurden; es schien, dass auf automatische Selbstbestäubung innerhalb von 24 Stunden eine Selbstbefruchtung stattfand. (Oganjan, 1938) Kulturen der domestizierten Sojabohne sind überwiegend selbstbestäubend und profitieren nicht von Insektenbestäubung. (Caviness, 1970; Rubis 1970b)

Brim und Young (1971) berichteten über männlich-sterile Pflanzen, bei denen 99% der Samenbildung auf Fremdbestäubung zurückzuführen war; die Samenbildung insgesamt war jedoch extrem gering.

Im Gegensatz dazu konnten Erickson *et al.* (1978) eine Steigerung der Anzahl an Samen (22%) und Hülsen (20%) bei mit Bienen gekäfigten Pflanzen nachweisen, verglichen mit Pflanzen, die ohne Insekten gekäfigt wurden. Das Ergebnis wird durch andere Versuche von Issa *et al.* (1984) und Vila *et al.* (1989) gestützt, die auf eine Samenertragssteigerung von 9% bzw. 81% (Issa *et al.*) und eine Steigerung der Hülsenanzahl um 24% (Vila *et al.*) kamen.

Bei einer amerikanischen Studie über Sojabohnen wurden Käfigversuche in der Nähe von Bragg City, Missouri mit Honigbienen gemacht. In sechs Käfige wurden Honigbienen gehalten, die restlichen Käfige dienten, um Insekten von den Sojabohnen fernzuhalten. Bei den Parzellen mit Honigbienen wurde eine Steigerung der Samenanzahl um 21,6%, eine Steigerung der Füllung der Hülsen um 20,4% und 18,6% weniger leere Hülsen als in den Parzellen ohne Insekten.

Bei einem weiteren Versuch in der Nähe von Wardell, Missouri und Blytheville, Arkansas wurde bei Feldversuchen festgestellt, dass der Samenertrag innerhalb einer Entfernung von 100m von den Bienenstöcken signifikant höher war. (Erickson *et al.*, 1978)

Bei einer italienischen Arbeit über Pferdebohnen (*Vicia faba*) aus dem Jahr 1982 wurden Käfigversuche und die daraus resultierenden Unterschiede beschrieben. Es konnte die Bedeutung der Bienenbestäubung nachgewiesen werden, die Unterschiede waren signifikant.

Die Autoren sind zum Ergebnis gekommen, dass 35% des Feldertrages von *Faba vicia* in Süditalien den Bienen zuzurechnen ist. (Monti und Fruscianta, 1982)

Varis und Brax (1990) untersuchten die Auswirkungen unterschiedlicher Bestäubungsvarianten auf den Hektarertrag von Ackerbohnen (*Vicia faba*).

Die Varianten waren: frei abblühend, Käfig mit Honigbienen und Käfig ohne Insekten. Der Hektarertrag bei frei abblühend betrug 1983,3 kg; bei der gekäfigten Parzelle mit Bienen 994,9 kg und bei der Variante mit Ausschluss von Insekten 835,3 kg/ha.

Der Ausschluss von Insekten reduzierte die Anzahl der Samen pro Pflanze, die Anzahl der Samen pro Schote und den Prozentsatz der fruchtbildenden Blüten. Die Beschattung der Käfige führte zu größeren Pflanzen, aber nicht zur Erhöhung des Ertrages.

Bei der freiabblühenden Variante waren 43,6% der Blütenbesucher Honigbienen und der Rest langrüsselige Hummeln (*Bombus subterraneus*, *B. hortorum* und *B. lucorum*). Es wurde gefolgert, dass es kaum Sinn macht,

Honigbiene zur Bestäubung zu kleineren Flächen zu bringen oder zu Flächen mit reichlich Hummelbeflug.

Jedoch haben andere Experimente keine signifikante Steigerung des Ertrags durch Bienen gezeigt. (Sheppard *et al.*, 1979; Erickson, 1984b) Bienenbeflug kann eine Steigerung des Samenertrags bewirken, jedoch nur wenn attraktive Kulturen verwendet werden und die Umwelteinflüsse günstig sind. Es ist nicht klar, ob die Ertragssteigerung nach Bienenbeflügen durch bessere Selbstbestäubung, Fremdbestäubung oder beidem resultiert. (Erickson *et al.*, 1978)

Für eine Pflanze mit einem so hohen Grad an Selbstbefruchtung wie die Sojabohne müssen zwei Voraussetzungen für eine erfolgreiche Hybridsamenproduktion erfüllt sein. Erstens muss ein Heterosiseffekt vorhanden sein und zweitens eine ökonomische, großflächige Methode, um Hybride zu produzieren. (Weber *et al.*, 1970)

Weiss *et al.* (1947) zeigten, dass im Glashaus ein Heterosis-Effekt in 14,2% bis 71,3% der Fälle eintrat; im offenen Feld betrug der Wert 5,9% bis 38,6%.

Gordienko (1960) verwendete zwei Kolonien Honigbienen bei zwei gekäfigten Kulturen der Sojabohne. Er fütterte die Völker mit duftendem Sirup, um die Bienen zu erhöhten Blütenbesuchen zu animieren, und erzielte 29% Hybride bei der einen und 44% bei der anderen Sorte.

Veatch (1930) zeigte, dass hybride Sojabohnen gegenüber den elterlichen Variationen um bis zu 95,9% mehr Ertrag produzierten. Weiss (1949) verzeichnete eine Steigerung von 19,6% bis 117% der Hybride gegenüber der besten elterlichen Sorte. Wentz und Stewart (1924) berichteten von einer Steigerung von 60% bis 397% und Weber *et al.* (1970) verzeichneten einen durchschnittlichen Wert aller Tests von 13,4%.

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)71% der Honigbienen sammelten Pollen.
-)Es ist unwahrscheinlich dass Bienenbeflug den Ertrag erhöht.
-)Bei „Glycine wightii“ war die Honigbiene am Häufigsten vertreten. Andere Bestäuber waren Schmetterlinge, Wespen und Fliegen. (Brasilien)
-)Bei „Glycine wightii“ erhöhten Honigbienen die Hülsenproduktion um 56% und die Samenanzahl pro Hülse um 45%. Die gesamte Samenproduktion stieg um 125%. (Brasilien)
-)Bei der Anwesenheit von Bienen stieg die Anzahl der ausgebildeten Hülsen um 24% verglichen mit von Bienen isolierten Flächen. (Brasilien)

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Sojabohnen:

AUTOR JAHR	ERTRAGS-AUSWIRKUNGEN	WEITERE AUSWIRKUNGEN
ERICKSON <i>et al.</i> (1978)	22% erhöhte Samenanzahl	20% mehr Hülsen
VILA <i>et al.</i> (1989)	24% mehr Hülsen	
ISSA <i>et al.</i> (1984)	9 bzw. 81% Samenertragssteigerung	
ERICKSON <i>et al.</i> (1978)	21,6% gesteigerte Samenanzahl	20,4% gesteigerte Füllung der Hülsen; 18,6% weniger leere Hülsen
ERICKSON <i>et al.</i> (1978)	Innerhalb von 100m Distanz zum Bienenstand Ertrag signifikant höher	
VARIS und BRAX	1983,3 kg/ha Ertrag (frei abblühend)	

(1990)	994,9 kg/ha Ertrag (Käfig mit Bienen)	
	835,3 kg/ha Ertrag (Käfig ohne Insekten)	

Empfohlene Bienendichte:

Generell gibt es keine Empfehlung für die Verwendung von Bienen zur Bestäubung der Sojabohne. (McGregor, 1976)

3 bis 5 Bienenstöcke pro Hektar werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.):

Im Jahr 2009 wurden in der EU 6,60 Mio. Tonnen Sonnenblumen geerntet, davon 71.012 Tonnen auf einer Fläche von 25.870 Hektar in Österreich.

Die Sonnenblumen sind in Amerika, meistens Nordamerika, heimische Pflanzen, die seit dem 17. Jahrhundert auch in Europa angepflanzt werden. Von den 55 Arten, von denen viele zu wertvollen Stauden für die mitteleuropäischen Gärten geworden sind, haben 2 eine große wirtschaftliche Bedeutung erlangt: der Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) und die einjährige Sonnenblume (*Helianthus annuus*) als Grünfütterpflanze und als Öllieferant. Weltweit liegt die Sonnenblume in ihrer Bedeutung als Ölpflanze sogar an zweiter Stelle. (Maurizio, 1994)

Die größten Anbauflächen zur Ölgewinnung und die dazu geeignetsten Sorten waren lange Zeit vor allem in Osteuropa zu finden. In den letzten Jahren hat jedoch der Anbau in Mitteleuropa erheblich zugenommen. (Maurizio, 1994)

Im Jahr 2005 wurden in Österreich 20.179 ha Ölsonnenblumen mit einem Durchschnittsertrag von 2,68t/ha kultiviert. (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2006)

Da das Öl der Sonnenblume nun verstärkt zur Energiegewinnung eingesetzt wird, ist mit einem stetigen Anstieg der Anbauflächen zu rechnen. (Mandl, 2007)

Die Sonnenblume (*Helianthus annuus*) gehört zur Familie der Korbblütler (Asteraceae).

Die Aussaat erfolgt an Ort und Stelle, Ende April, Anfang Mai. Die Pflanzen wachsen sehr schnell und brauchen dementsprechend eine kräftige, stickstoffreiche Düngung, viel Sonne und auch ausreichend Feuchtigkeit. Das Öl wird aus den Samen gewonnen. (Maurizio, 1994)

Das Wurzelsystem besteht aus einer langen, kräftigen Pfahlwurzel und einem Nebenwurzelsystem. (Mandl, 2007)

Eine Besonderheit der Sonnenblume besteht darin, dass sie bis zum Aufblühen mit ihrer Knospe dem Tagessonnenlauf folgt, bei Blüte aber dann nach Osten gerichtet verbleibt. (Mandl, 2007)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Der scheibenförmige Blütenkorb der Sonnenblume, der einen Durchmesser von 40 cm erreichen kann, besteht aus mehreren hundert kleinen Röhrenblüten. Am Rand trägt es die sterilen, meist leuchtend gelben Zungenblüten, die als Schauapparat zur Anlockung von Insekten dienen. Die farbintensiven äußeren Zungenblüten sind steril und besitzen weder Staubblätter noch Griffel. Die Röhrenblüten selbst sind bräunlich-

gelb. Der Pollen entleert sich vor der Blütenöffnung in die Staubbeutelröhre. Der Griffel wächst durch diese Röhre und schiebt wie ein Kolben den reifen Pollen vor sich her. Bei der Blütenöffnung tritt zuerst das Pollenhäufchen nach außen und wird von Insekten abgeerntet. Erst dann spreizen sich die beiden Narbenäste nach außen und können nun mit blütenfremden Pollen bestäubt werden. Die Blüte blüht von außen nach innen ab, die Blühdauer beträgt 6 – 13 Tage. (Maurizio, 1994)

Einige Sonnenblumenpflanzen besitzen einen primären Blühkopf und einen oder mehrere sekundäre Blühköpfe; kommerzielle Sorten haben normalerweise jedoch nur einen Primärkopf, der zwischen 1000 und 4000 Einzelblüten besitzt. Ein sekundärer Blühkopf hat 500-1500 Einzelblüten. (Delaplane, 2000) Langridge und Goodman (1974) geben einen Wert von circa 19,4 Röhrenblüten/cm² an.

Jeder Blühkopf ist für 5-10 Tage geöffnet. Blüten verwelken schnell wenn die Bestäubung gut ist; wenn nicht, bleiben die Blüten für bis zu zwei Wochen frisch, die Narben ziehen sich zurück und berühren den Pollen ihrer eigenen Blüte. Somit ist Selbstbestäubung zwar möglich, jedoch nimmt die Wahrscheinlichkeit einer Samenbildung mit der Zeit ab. (Radaeva, 1954)

Die inneren Einzelblüten sind perfekt und weisen sowohl Staubblätter als auch Griffel auf, der wiederum eine Samenanlage mit einer weiblichen Samenzelle besitzt. Jede Einzelblüte sondert Pollen ab noch ehe die Narben empfangsbereit sind, somit sind Einzelblüten häufig selbst-inkompatibel. (Delaplane, 2000)

Jede Einzelblüte ist für zumindest zwei Tage geöffnet. Am ersten Tag verlängern sich die Staubblätter über die Blühkrone hinaus und die Antheren geben Pollen ab. Die Narbe ihrerseits verlängert sich am zweiten Tag noch über die männlichen Geschlechtsteile hinweg und ihre inneren empfangsbereiten Oberflächen öffnen sich um Pollen aufzunehmen. Demnach hat die Blüte eine männliche Phase am Tag eins und eine weibliche am zweiten Tag, ein Verhalten das Selbstbestäubung weniger wahrscheinlich macht. (Free, 1993)

Das ringförmige, oftmals auch 4- bis 6eckige Nektarium umfängt die Basis des langen Griffels direkt über dem Fruchtknoten. Ein Vergleich verschiedener Zuchtsorten ergab für die Höhe des Nektariums Abmessungen zwischen 200 und 360µm, für den inneren Durchmesser 470 – 800µm. Der Grund des Nektariums erstreckte sich über 70 – 100µm, nach oben zu lief das Nektarium zu einer schmalen Kante aus. Die fest gepackten Epidermiszellen werden nur durch Öffnungen unterbrochen, die vermutlich den Nektar abscheiden. Diese Öffnungen sind über das ganze Nektarium verteilt, jedoch am oberen Rand gehäuft. Die Größe der ovalen Öffnungen schwankt in der Länge von 20 bis 45µm, in der Breite von 25 – 45µm. Wildformen der Sonnenblume besitzen kleinere Nektarien (273x133µm) und kleinere Öffnungen (27x30µm). (Maurizio, 1994)

Die Nektarproduktion und -qualität wird als mäßig angesehen. Die zusätzlichen Nektarien der Blüten können unter Umständen Bienen anlocken. Signifikante Unterschiede in der Nektarabsonderung traten bei Kulturen auf und jene mit einer höheren Nektarproduktion verzeichneten mehr Bienenanflüge. (Kamler, 1997)

Die Nektarproduktion der Nektarien an der Basis der Einzelblüte ist während der männlichen Periode am höchsten. Die Sonnenblumenblüte öffnet sich von außen nach innen; somit besitzt der Blühkopf in der Mitte ungeöffnete Einzelblüten, umgeben von einem Blütenring in der männlichen Phase, gefolgt von einem weiblichen Blütenring, dann ein Ring von verwelkten Blüten und abschließend die Zungenblüten ganz außen. Eine Konsequenz dieses Musters ist, dass die mittigen Einzelblüten die niedrigste Wahrscheinlichkeit einer Bestäubung haben, da die Rate von männlichen zu weiblichen Blüten mit der Zeit abnimmt. (Goldman, 1976)

Die Nektaröffnungen werden von bohnenförmigen Schließzellen an der Oberfläche des Nektariums umgeben, die sich bei geöffneten Poren an der Oberkante des Nektariums über die Oberfläche erheben, bei allen anderen

Öffnungen dagegen flach sind. Unter den Öffnungen erweitert sich das Gewebe zu einem kleinen Hohlraum. In der Nähe der Poren endendes Siebröhrengewebe lässt annehmen, dass es sich beim Sonnenblumennektar um umgewandelten Siebröhrensaft handelt. (Maurizio, 1994)

Die Baueigentümlichkeiten der Sonnenblumennektarien sind genetisch bestimmt. Da die verschiedenen Sorten für Bienen unterschiedlich attraktiv sind, scheint eine züchterische Auslese in Richtung Bienenattraktivität sinnvoll, denn es ist nachgewiesen, dass intensive Blütenbestäubung besseren Samenertrag mit höherem Ölertrag ergibt, als wenn der Bienenbeflug nur spärlich bleibt. (Mandl, 2007)

Die Nektarsekretion für Sonnenblumen wurde in Deutschland mit 10mg je 30 Blüten in 24 Stunden bestimmt. Der Zuckergehalt liegt zwischen 35 und 38%, der Zuckerwert bei 0,27mg. (Maurizio, 1994) LautKamler (1997) beträgt der Zuckerwert für 50 Blüten durchschnittlich 18,1 mg. In Rumänien belief sich der Wert pro Blüte auf 0,11 mg bis 0,25 mg. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

In wärmerem Klima (Israel) kann der Zuckergehalt bis 60% ansteigen. Die Sonnenblume gehört zu den Pflanzen, bei welchen die Maxima von Menge und Zuckergehalt des abgesonderten Nektars zeitlich zusammenfallen. Die Bestzeit der Nektarsekretion liegt zwischen 10 und 14 Uhr. Der Nektar ist in den kurzen Blütenröhren allen Insekten zugänglich. (Maurizio, 1994) Circa 27% der Blüten eines Blühkopfes geben keinen Nektar ab. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Zur Verbesserung der Hybridsaatgutproduktion wurden in Frankreich genaue Untersuchungen über die Zusammensetzung des Nektars und des Blütenaromas der Sonnenblume gemacht, da verschiedene Anteile die Attraktivität gegenüber Honigbienen beeinflussen – immerhin ist die Biene die wichtigste Bestäuberin. Sorten mit höherem Rohrzuckergehalt des Nektars wurden z.B. intensiver befliegen und erreichten dadurch höhere Erträge als rohrzuckerärmere Sorten. Auch für die Duftkomponenten konnten Unterschiede nachgewiesen werden, wobei sich die Komponenten je nach dem Blühstadium in ihren Mengenanteilen ändern können. Zuchtauslese zur Verbesserung des Bienenbeflugs hinsichtlich Zuckerzusammensetzung des Nektars, aber auch des Gehalts an Aminosäuren, Proteinen und Mineralstoffen, wird deshalb als zweckmäßig erachtet. (Maurizio, 1994)

Einer effektiven wechselseitigen Bestäubung kommt ein bei über 80% der Sammelflüge beobachtetes spezifisches Sammelverhalten der Bienen entgegen: Der größte Teil der Bienen landet am Rand der Scheibenblüten mit den aufnahmebereiten Narben und bewegt sich dann zur Mitte hin, wo Pollen abgegeben wird. Damit verlassen die meisten Bienen die Blüte mit einer frischen Pollenladung, die auf den nächsten Blüten abgestreift werden kann. In der Regel findet der Narbenkontakt der Biene über die Beine und den Hinterleib statt. Im Durchschnitt wird bei einem Blütenbesuch knapp die Hälfte der Blütenfläche (43%) beschriftet, nur etwa 10% der Bienen machen mehr als 1 Mal die Runde. (Maurizio, 1994)

Die von einer Sonnenblumenscheibe produzierte Pollenmenge wird mit 239mg angegeben, wovon täglich 26mg dargeboten werden. Die Pollendarbietung dauert den ganzen Tag hindurch, mit einem Maximum zwischen 9 und 10 Uhr, d.h. vor dem Einsetzen der maximalen Nektarabsonderung. (Maurizio, 1994)

Der Pollen hat einen Proteingehalt von 17,6%, was 2,3% unter dem optimalen Wert für Honigbienen liegt. (www.agric.wa.gov.au, 2010) Weiters ist er zu schwer für effektive Windbestäubung, jedoch kann es zusammen mit kleineren Insekten circa 7% bis 11% ausmachen. (Davidson, 1985) Die Anzahl der Pollenkörner pro m³ Luft

betrug über 117. (Langridge und Goodman, 1974)

Sonnenblumennektar und –pollen ist für Bienen eine sehr attraktive Nahrungsquelle. (Delaplane, 2000)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Einige Sonnenblumen sind selbstfertil, was bedeutet dass ihre Einzelblüten Samen bilden wenn sie mit dem Pollen desselben Blühkopfes bestäubt werden. Andere Variation sind selbststeril und benötigen daher Pollen einer anderen Pflanze. Selbstbestäubung innerhalb eines Blühkopfes resultiert normalerweise in geringerer Samenproduktion, kleineren Samen, niedrigerer Ölkonzentration und verminderter Keimfähigkeit verglichen mit einer Fremdbestäubung. (McGregor, 1976) Folglich ist eine Fremdbestäubung vorteilhaft, mit Ausnahme von extrem selbstfertilen Sorten. (Delaplane, 2000)

Hybride Sonnenblumen entstehen, wenn man männlich-fertile mit männlich-sterilen Pflanzen kreuzt; der Hybridsamen wird von der männlich-sterilen Pflanze produziert und geerntet. (DeGrandi-Hoffman und Martin, 1993) Samenbildung und Ertrag kann optimiert werden mit dem Setzen von männlich-sterilen und –fertilen Pflanzen im Verhältnis 8:2. (Delaude und Rollier, 1977; Delaude *et al.*, 1979) Sonnenblumen, die sich aus Hybridsamen entwickeln, haben normalerweise einen höheren Grad an Selbst-Fertilität. Jedoch sind sie nicht zwingend selbstbestäubend, weswegen Bienen zum Transportieren von Pollen immer noch nützlich sind. Honigbienen können den Samenertrag (um 30%) und die Ölkonzentration der Samen (um 6%) bei Hybridsorten der Sonnenblume mit intermediären Grad an Selbst-Fertilität steigern. (Furgala *et al.*, 1979)

Hybride Sonnenblumen, welche selbstkompatibler sind (60% bis 90%), wurden entwickelt; ältere Variationen benötigen Fremdbestäubung (normalerweise durch Honigbienen). Hybride Kulturen variieren in ihrer Abhängigkeit von Bestäubung durch Insekten. Die meisten Hybridsorten profitieren von Fremdbestäubung (bis zu 50%, 20% ist der Durchschnitt), manche jedoch erreichen vollständige Fruchtbildung (92%) durch Selbstbestäubung in manchen Jahren. (Davidson, 1985)

Krause und Wilson (1981) verglichen in ihrer Arbeit drei Sonnenblumenhybride. Es gab zwei Versuchsgruppen, eine frei abblühende Variante und eine gekäfigte Variante, die den Zugang von Insekten verhinderte. Bei den offen abblühenden Pflanzen wurden signifikant mehr Samen mit höherem Tausendkorngewicht entwickelt. Es konnte kein Unterschied im Ölgehalt festgestellt werden. Die Honigbienen begannen den Beflug zwischen 7:00 und 8:00 morgens und beendeten ihre Sammelaktivität um 18:00. Die Spitzen des Befluges waren um 13:00 (eine Biene pro drei bis vier Köpfen) und um 17:00. Die Bienenaktivität war am höchsten, als 90% aller Köpfe geöffnet waren. Der Anteil der Honigbienen an den Bestäubern lag bei 80%.

Kleinschmidt (1986) beschreibt in seiner Arbeit Sortenversuche von Sonnenblumen bei Einsatz von Honigbienen. Bei diesem Versuch wurde bei 23 Sonnenblumensorten Käfigversuche mit und ohne Honigbienen gemacht, weiters wurden Parzellen nicht gekäfigt, um ein natürliches Abblühen dokumentieren zu können. Die Feuchtigkeitsverhältnisse schwankten sehr. Reichlich Niederschläge im späten Knospenstadium oder frühen Blühstadium reduzierten den Trockenheitsstress während der Blüte. Unter diesen Umständen gab es bei einigen Sorten ausreichend Selbstbestäubung und die Samen pro Korb waren nicht signifikant unterschiedlich zu den gekäfigten Parzellen mit und ohne Bienen. Der Ölgehalt war aber bei den von Bienen bestäubten Pflanzen höher. Aber bei Trockenheitsstress brauchten auch diese Sorten Bienenbestäubung. Einige Sorten gaben ohne Bienen

keine befriedigenden Erträge, unabhängig von den Niederschlägen.

Die benötigte Bienendichte schwankt von einer Biene pro vier Körbe bis zu einer Biene pro 10 Körbe.

Honigbienen sind die wichtigsten Bestäuber der Sonnenblume. Bei ihrer Pollen- und Nektarsuche bestäuben sie die Blüte und steigern, zumindest bei selbst-sterilen Sorten, den Ertrag. Nektar wird sowohl von Blüten in der männlichen als auch in der weiblichen Phase produziert, und Sonnenblumen werden in erster Linie wegen ihres Nektars und nicht auf Grund ihres Pollens angefliegen. Des Weiteren ziehen Bienen gewisse Sorten der Sonnenblume anderen vor (Skinner, 1987) und die Samenproduktion von Pflanzen in unmittelbarer Nähe von Bienenvölkern scheint erhöht. (McGregor, 1976)

Alle Sonnenblumenvariationen zeigen Unterschiede im Ertrag wenn eine Bestäubung durch Honigbienen erfolgt. In Indien erbrachten drei Variationen einen Ertrag von 2,66g, 6,63g und 12,0g Samen pro Blühkopf bei Selbstbestäubung; durch Bienenbestäubung wurden Werte von 76,3g, 66,1g und 53,2g Samen/Blühkopf erreicht. (Deodikar, 1975)

Das maximale Samengewicht (25,4g/Blühkopf) wurde durch Bienenbestäubung erreicht, gefolgt von Hand- und Bienenbestäubung (24,7g/Blühkopf). Bestäubung durch andere Bestäuber (13,59g/Blühkopf) und ausschließlich Handbestäubung (12,98g/Blühkopf) zeigten sich als weniger effektiv. Der geringste Wert wurde in Flächen ohne Hand- und Bienenbestäubung (5,16g/Blühkopf) verzeichnet. (Rajogopal et al., 1999)

Rao *et al.* (1980) untersuchten in ihrer Arbeit den Einfluss der Honigbienen auf die Ertragsleistung verschiedener Ölpflanzen. Gearbeitet wurde mit Brassica sp. (toria, brown sarson, black mustard, Indian mustard or rai, yellow sarson), Sesam (*Sesamum indicum*), Saflor (*Carthamus tinctorius*) und Sonnenblume (*Helianthus annuus*). Die Versuche fanden von 1974 bis 1978 statt. Die Untersuchungspartellen wurden gekäfigt. Variante A mit Honigbienen, Variante B ohne Insekten. Bei der Sonnenblume mit Bienen wurde ein signifikant höherer Ertrag festgestellt. Leicht höhere Erträge wurden gemessen bei Senf, Sesam und Saflor mit Bienen. Bei späteren Feldversuchen konnte nachgewiesen werden, dass Bienen die Bestäubung bei Sonnenblume und Sesam verbesserten.

Radaeva (1954) kam zu dem Ergebnis, dass die Fähigkeit der Blüte Samen zu produzieren stark abnahm je länger sie geöffnet ist. Bei Handbestäubung kurz nach dem Öffnen wurde eine Samenproduktion von 87% festgestellt; nach 3-4 Tagen 69% und bei Blüten, die schon zwei Wochen geöffnet waren, erfolgte nur noch zu 21% eine Samenbildung.

Unterschiedliche Sorten weisen auch einen unterschiedlichen Grad an Selbstfertilität auf. Bei Versuchen mit der Sorte „Advance“ zeigte sich bei mit Bienen gekäfigten Pflanzen ein Ertrag von 675 kg/ha; zum Vergleich zeigten ohne Bienen gekäfigte und freiliegende Pflanzen einen Ertrag von 349 kg/ha bzw. 1044 kg/ha. (Alex, 1957a) In Ägypten kamen Blühköpfe, die mit Bienen gekäfigt waren, auf 503 Samen pro Blühkopf, 6,7 g/100 Samen Gewicht und 42% Öl-Gehalt, während Blühköpfe, die ohne Bienen gekäfigt wurden, 81 Samen pro Kopf produzierten, mit einem Gewicht von 4,1 g/100 Samen und einem Öl-Gehalt von nur 28%. (Ahmed *et al.*, 1989) Gekäfigte Bienenkolonien haben eine kleinere Population, weniger Pollenlager und geringere Honigeinlagerungen. Das Brüten wurde eingestellt, nachdem die Königin nach 60 Tagen aufhörte, Eier zu legen. Gekäfigte Kolonien zur Bestäubung sollten regelmäßig mit Pollenrähmchen versorgt werden. (Dozet et al., 1993)

Wakhle *et al.* (1978) stellten bei Versuchen mit Sonnenblumen fest, dass der Ölgehalt der Samen mit Bienenbestäubung 38,8% betrug und ohne Bienenbestäubung lediglich 32,4%. Der Proteingehalt war annähernd gleich bei 17,9%.

Hsieh (1973) erreichte durch Fremdbestäubung per Hand einen Fruchtansatz von 72-83%, während bei Selbstbestäubung mit Hand nur ein Wert von 10-35% erzielt werden konnte. Zum Vergleich zeigten Pflanzen mit Bienenbestäubung einen Fruchtansatz von 88%.

Nahrungssuche der Biene:

Die Sonnenblume ist eine der wenigen Bestände, bei denen das Bienenverhalten einen nachweislichen Unterschied ausmacht. Nektarsammelnde Bienen sind bessere Bestäuber als pollensammelnde Bienen. Nur 2,7% der Bienen waren auf Pollensuche, jedoch konnten trotzdem signifikante Mengen von Pollen angesammelt werden. (Langridge und Goodman, 1974)

Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer einer Biene pro Blüte betrug 36 Sekunden (3 bis 187 Sekunden) und die durchschnittliche Anzahl von angeflogenen Röhrenblüten pro Blühkopf war 15,3 (1 bis 93). (Langridge und Goodman, 1974)

Andere Untersuchungen zeigten eine Aufenthaltsdauer von 5,1 bis 6,2 Sekunden pro Blüte. (Kurennio, 1957)

Honigbienen machten 96,9% der besuchenden Insekten aus; sie sind auf Nahrungssuche von 6 Uhr bis 18 Uhr mit einem Höhepunkt zwischen 9 Uhr und 11 Uhr. (Kumar *et al.*, 1994)

Bitkolov (1961) analysierte den Pollen und zeigte, dass 96,2% von der Sonnenblume stammte; die Bienen beflogen den Bestand von 6 Uhr bis 19 Uhr mit dem Höhepunkt zwischen 7 Uhr und 13 Uhr.

In der Türkei machten Honigbienen 80% bis 88% der, die Blüte besuchenden, Insekten aus. (Calmsur, 1999)

Guynn und Jaycox (1973) beobachteten durchschnittlich 6,5 Honigbienen auf einer Sonnenblumenreihe von 18,2 Metern Länge. Der Höchstwert betrug 20 Honigbienen.

Wenn weniger als eine Biene pro vier Blühköpfe an einem sonnigen Tag verzeichnet wird, so ist das volle Potential des Bestands nicht erreicht. (Davidson, 1985)

In Indien wurde durch *Apis mellifera* ein Bienenbeflug von 22,8 Bienen pro 30 Blüten beobachtet. (Arya *et al.*, 1994)

Es gab kein signifikantes wechselseitiges Verhältnis zwischen der Größe der nahrungssuchenden Population einer Kolonie bei männlich-fertilen Sonnenblumen und der Menge an Pollen auf den Körpern der anderen Bienen im Stock. Honigbienen beziehen den meisten Sonnenblumenpollen, der sich auf ihnen befindet, von männlich-sterilen Blüten, die zuvor besucht wurden. Die meisten nahrungssuchenden Bienen müssen nicht zuerst männlich-fertile Blüten anfliegen oder sich Pollen über Kontakt mit anderen Bienen im Stock aneignen um in der Lage zu sein, männlich-sterile Sonnenblumenblüten zu bestäuben. (DeGrandi-Hoffman und Martin, 1995)

Wenn Honigbienen auf männlich-fertilen Blüten nach Nahrung suchen und anschließend zu männlich-sterilen Blüten weiterfliegen, dann transportieren sie tausende Pollenkörner. Die meisten Honigbienen, die in männlich-sterilen Reihen nach Nahrung suchen, kommen an Pollen, der zuvor von männlich-fertilen Blüten dorthin transferiert wurde. Bienen in männlich-sterilen Reihen waren überwiegend Honigbienen. (DeGrandi-Hoffman und Buchmann, 1995)

Auswirkungen der Distanz zwischen Bienenstöcken und Bestand auf den Ertrag:

Als Bienenstöcke mit variierender Distanz zu Sonnenblumenbeständen mit einer Größe von 100m² gebracht wurden, zeigte die Steigerung der Distanz von 500m auf 1250m einen Rückgang der nahrungssuchenden Bienen von 100 auf 61, das Samengewicht sank von 6 kg auf 3,7 kg/100m² und das Gewicht leerer Samen stieg von 110g auf 200g. (Rundev, 1994)

Der größte Beflug der Sonnenblume fand bei einer Entfernung von 250m bis 270m statt. (Bitkolov, 1961)

Distanz (m)	Honigbienen (ha)	Ertrag (ha)	Anflüge/Blüte	% bestäubter Blüten
400	5590	1.81	5.1	89
2000	3109	1.77	2.9	79

Kurenno (1957)

Die Dichte der Honigbienen neben Ständen mit 100 Kolonien betrug 0,35 Bienen pro Blüte, 0,56 Bienen/Blüte bei einer Distanz von von 500m und 0,40 Bienen/Blüte bei 1500m Entfernung. Die Dichte war bei männlicher und weiblicher Infloreszenz vergleichbar (0,095 bzw. 0,078). (Munoz Rodriguez, 1979)

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)Honigbienenaktivität erhöht signifikant die Samenbildung (4%) und den Ölgehalt der Samen (1%). Es gab einen Anstieg im Samenertrag auf 10g/Pflanze (444,6 kg/ha) bei bienenbeflogenen Pflanzen verglichen mit Kontrollgruppen. Vier Bienenstöcke wurden dabei in einer 1,77 ha großen Fläche von Sonnenblumen platziert. (North Dakota,USA) (Jawahar et al., 1999)

-)Die Erträge erhöhten sich um 20% (83,3g Samen/Blühkopf verglichen mit 69,4g Samen/Blühkopf bei ausbleibender Bienenbestäubung) und 33% (132,6g Samen/Blühkopf verglichen mit 99,7g Samen/Blühkopf bei ausbleibender Bienenbestäubung); eine Kultur zeigte eine Steigerung der Menge an geernteten Samen um 101%. Durch Bienenbestäubung stieg der Ölgehalt um 2%. Der Versuch verwendete 60 Bienenstöcke, welche 200m entfernt vom Sonnenblumenbestand platziert waren. (Tschechien) (Kamler, 1997)

-)Samenbildung bei durch Honigbienen bestäubten Sonnenblumen betrug 77,7% bis 85,9%, während der Wert bei Selbstbestäubung nur bei 25% bis 25,7% lag. (Rundev, 1994)

-)„Pole Star“ zeigte bei Insektenisolation einen Ertrag von 1,2%; bei Bestäubung durch Insekten entsprach der Ertrag 64,9%, einer Steigerung um das 54fache. (Free und Simpson, www.agric.wa.gov.au, 2010)

-)Großer Ertragsverlust bei offener Bestäubung ohne Honigbienen.

-)Fremdbestäubung durch Honigbienen resultiert in einer schnelleren Keimung des Pollens auf der Narbe und fördert die Heterosis (Hybridvitalität) beim sich entwickelnden Embryo. (Davidson, 1985)

-)Bestände, die durch Honigbienen bestäubt werden, blühen oftmals schneller und bis zu zwei Wochen früher ab, bilden sich gleichmäßiger aus und haben sowohl einen gesteigerten Ertrag als auch einen höheren Ölgehalt/Samen. Sich schneller ausbildende Bestände reduzieren das Risiko einer Pflanzenschädigung, Krankheit oder wetterbedingtem Stress ausgesetzt zu sein (Hitze und Feuchtigkeit). (Davidson, 1985)

-)Bei der Variation „VNIIMK“ war die Samenproduktion mit Bienenbeflug 61,2% höher als bei von Bienen isolierten Flächen. (Victoria) (Langridge und Goodman, 1974)

Messgrößen	Offene Flächen	Gekäfigte Flächen	% Steigerung Abnahme	/Grad der Signifikanz
Durchschnittl.	724.9	449.7	61.2	P<0,01

Samenertrag				
Durchschnittl. Samenanzahl/cm ²	7	3.4	105.9	P<0,01
Durchschnittl. Keimung (%)	97.6	95.7	1.98	P<0,01
Durchschnittl. Ölgehalt (%)	44.2	41.3	7.02	P<0,05
1000 Stk. Samengewicht (g)	35.4	47.4	-25.3	P<0,01

Langridge und Goodman (1974) cv VNIIMK

-)Die Variation „VNIIMK“ zeigte circa 5% Samenbildung ohne Insektenbestäubung. (Langridge und Goodman, 1974)

-)In Victoria waren 98,7% der Bestäuber Honigbienen, von denen 97,3% Nektar und 2,3% Pollen sammelten. (Kamler, 1997)

-)Die Samenbildung war in mit Honigbienen gekäfigten Flächen höher.

-)Die Körnerfüllmenge (93%) und der Ölgehalt war bei Flächen, die von Bienen bestäubt wurden, am höchsten. (Rajogopal *et al.*, 1999)

-)Bei Bestäubung durch Bienen und anderen Insekten war die Anzahl an Samen (408) am Höchsten, gefolgt von Handbestäubung (395,3 Samen) und den Kontrollflächen (238,7). (Rajogopal *et al.*, 1999)

-)Die Anzahl an Samen pro Blühkopf und das Samengewicht war bei offener Bestäubung viel höher als bei von Insekten isolierten Pflanzen. (Kumar *et al.*, 1994)

-)Durch Honigbienen bestäubte Sonnenblumen hatten 8,5% leere Samen, während der Wert bei Abwesenheit von Honigbienen auf 21,6% stieg. (Bitkolov, 1961)

-)Samenertrag und Ölgehalt der Samen bei den beiden Sorten EC-68415 und MSFH-8 waren signifikant höher bei Bestäubung durch Insekten als bei gekäfigten, von Insekten isolierten Pflanzen. (Arya *et al.*, 1994)

-)Bei mit Bienen gekäfigten Pflanzen war der Samenertrag um 34,7% höher als bei von Insekten isolierten Pflanzen.

-)Der Prozentsatz der Samenbildung bei offen bestäubten Blüten betrug 86,8%, 67,8% bei mit einigen Bienen gekäfigten Blüten und 31,5% bei ohne Bienen gekäfigten Pflanzen. Offen bestäubte Blüten hatten durchschnittlich 1151 gefüllte Samen pro Blühkopf (67,2g) verglichen mit 373/Blühkopf (16,4g) in gekäfigten Flächen ohne Bienen; der Ölgehalt der Samen betrug 39,2% bzw. 32,4%. (Calmsur, 1999)

-)Die Anzahl der Samen/Blühkopf war bei offener Bestäubung höher als bei Bestäubung per Hand.

-)Die Fruchtbildung bei von Insekten isolierten Blüten betrug durchschnittlich 22%, bei offen bestäubten Blüten lag der Wert bei 80% bis 95%. Die Anzahl der Samen/cm² der Blühköpfe waren 2,4 bzw. 6,4 bis 7,8. (Munoz Rodriguez, 1979)

-)Samenbildung und Anzahl der gefüllten Samen pro Blühkopf waren innerhalb und außerhalb der Käfige gleich (eine kleine Bienenkolonie im Käfig), jedoch niedriger bei Bestäubung per Hand. Weiters war das Gewicht der Samen pro Blühkopf innerhalb des Käfigs signifikant niedriger als bei offenen Flächen. (Sinha und Vaishampayan, 1995)

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Sonnenblumen:

AUTOR JAHR	ERTARGS- AUSWIRKUNGEN	WEITERE AUSWIRKUNGEN
---------------	--------------------------	-------------------------

FURGALA (1954)	Samenertrag doppelt so hoch	
LUTTSO (1956)	315 g Samenertrag ohne Insekten 995 g Samenertrag mit Bienen	
ALEX (1957)	349 kg/ha Samenertrag ohne Insekten 675 kg/ha Samenertrag mit Bienen	
SCHELOTTO (1971)	Samenertrag 5 – 6mal höher	Ölgehalt um 25% höher
RAJAGOPAL (1999)	25,4 g Samen/Parzelle mit Bienen 5,2 g Samen/Parzelle ohne Bienen	
DELAPLANE (2000)	Empfiehl 2,1 Bienenstöcke/ha für ausreichende Bestäubung	
WAKHLE (1978)		Mit Bienen 38,8% Ölgehalt Ohne B. 32,4% Ölgehalt
KRAUSE (1981)	Signifikant mehr Samen	Höheres TKG
RAO (1980)	Signifikant höherer Ertrag	
KLEINSCHMIDT (1986)	Für ausreichende Bestäubung: Eine Biene pro vier Körbe	Höherer Ölgehalt
FURGALA <i>et al.</i> (1979)	Hybridsamenertrag um 30% gesteigert	6% erhöhte Ölkonzentration
DEODIKAR (1975)	2,66g, 6,63g u. 12,0g Samen/Blühkopf (Selbstbestäubung) 76,3g, 66,1g u. 53,2g Samen/Blühkopf (Bienenbestäubung)	
RAJOGOPAL <i>et al.</i> (1999)	25,4g Samen/Blühkopf (Bienenbestäubung) 24,7g (Hand- u. Bienenbestäubung) 13,59g (andere Bestäuber) 12,98g (Handbestäubung) 5,16g (keine Hand- oder Bienenbestäubung)	
ALEX (1957a)	349 kg/ha Ertrag (Käfig ohne Bienen) 675 kg/ha Ertrag (Käfig mit Bienen) 1044 kg/ha Ertrag (offene Fläche)	
AHMED <i>et al.</i> (1989)	81 Samen/Kopf (Käfig ohne Bienen) 503 Samen/Kopf (Käfig mit Bienen)	4,1g/100 Samen, Öl- Gehalt 28%(o. Biene) 6,7g/100 Samen, Öl- Gehalt 42%(m.Biene)
WAKHLE <i>et al.</i> (1978)	32,4% Öl-Gehalt (ohne Bienenbestäubung) 38,8% Öl-Gehalt (mit Bienenbestäubung)	
HSIEH (1973)	10-35% Fruchtansatz (Selbstbestäubung)	

	88% Fruchtansatz (Bienenbestäubung)	
RUNDEV (1994)	3,7 kg Samen/100m ² (1250m z. Bienenstand) 6 kg Samen/100m ² (500m zum Bienenstand)	200g leere Samen 110g leere Samen
BURGSTALLER (1988)	Durch freies Abblühen ein Mehrertrag (g) von 65% gegenüber gekäfigten Pflanzen	57% mehr Körnerbildung

Effektivität der Bienen als Bestäuber von selbst-sterilen Sonnenblumen (Delaplane, 2000):

<i>Resultate</i>	<i>Autoren</i>
Felder mit 2,5 Bienenstöcken/ha produziert fast das Doppelte an Samen/ha verglichen mit Feldern 4,8 km von den Bienenstöcken entfernt.	Furgala (1954)
Blühhöpfe von Bienen isoliert ergaben einen Samenertrag von 315 g; Blühhöpfe, die von Bienen befliegen wurden hatten 995 g Samenertrag und Bienen plus zusätzlicher Handbestäubung ergaben 1000 g Samen.	Luttso (1956)
Blühhöpfe der Sorte „Advance“, gekäfigt ohne Bienen, ergaben 349 kg/ha Samen; mit Bienen gekäfigt 675 kg/ha und freiliegende Blühhöpfe produzierten 1044 kg/ha.	Alex (1957b)
Samenertrag stieg um das 5-6fache und die Ölkonzentration der Samen um 25% bei Blühhöpfen mit Bienenbeflug verglichen mit von Insekten isolierten Blühhöpfen.	Schelotto und Pereyras (1971)
Freiliegende Blühhöpfe der männlich-sterilen „CMS 234A“ Sorte mit Insektenbestäubung produzierten 25,4 g Samen, während bei von Insekten isolierten Blühhöpfen eine Samenmenge von 5,2 g verzeichnet wurde.	Rajagopal <i>et al.</i> (1999)

Empfohlene Bienendichte bei Sonnenblumen (Delaplane, 2000):

<i>Bienenstöcke/ha</i>	<i>Autoren</i>
1-2,5	McGregor (1976)
2,5-5	Levin (1986)
1	Free (1993)
1-4	Williams (1994)
0 (für selbstfertile kanadische Hybriden)	Scott-Dupree <i>et al.</i> (1995)
2,1	Durchschnitt
Für die Produktion von Hybridsamen	
1,2-9,6	Skinner (1987)
<i>Andere Parameter</i>	
1 Honigbiene pro Blühhopf während des ganzen Tages	McGregor (1976)

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Spargelsamen (*Asparagus officinalis* L.):

Der Spargel ist eine uralte Kulturpflanze, die schon in der ägyptischen Hochkultur bekannt war. Obwohl er auch in Mitteleuropa wild vorkommt, ist er hier als Kulturpflanze erst im 16. Jahrhundert eingeführt worden. Er gedeiht auf sandigen, warmen Böden und dürfte wohl ursprünglich aus den Salzsteppen Osteuropas stammen.

Hauptanbaugebiet in Europa sind vor allem Südfrankreich, Niederlande, Belgien, Griechenland und Deutschland. (Maurizio, 1994)

Die Pflanze ist mehrjährig, die oberirdischen Stengel sterben im Herbst ab, es bleibt der Wurzelstock mit langen Wurzeln und Knospen. Die bekannten Spargelstangen sind die ersten Austriebe dieser Knospen im Frühjahr, die fleischig und mit Schuppenblättern besetzt sind. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die männlichen und weiblichen Blüten des Spargels entwickeln sich normalerweise auf verschiedenen Pflanzen. Junge Blüten besitzen noch Organe beiderlei Geschlechts, wobei sich im Laufe der Zeit ein Geschlechtsteil weiterentwickelt, während der andere abstirbt. Die Blüte, und Pflanze, ist dann entweder männlich oder weiblich. (Delaplane, 2000)

Die männliche Blüte ist geringfügig größer und öffnet sich zuerst. Beide Blütengeschlechter besitzen sechs Hauptsegmente, sechs Staubblätter (unterentwickelt bei den weiblichen Blüten), einen dreilappigen Griffel (unterentwickelt bei den männlichen Blüten) und sondern Nektar an der Basis der Blütenkrone ab. (Delaplane, 2000). Die männlichen Spargelblüten liefern beträchtliche Mengen eiweißreichen Pollen (Eiweißgehalt 25,6%), der in orangeroten Höschen von den Bienen gesammelt wird. (Maurizio, 1994)

Die individuelle, weißlich-grüne Blüte ist hängend und glockenförmig, mit einem Durchmesser von 0,6 cm. Bienen werden durch Pollen und Nektar angezogen. (Delaplane, 2000)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Durch die Gegebenheiten der Blüte wird eine Fremdbestäubung geradezu sichergestellt. Pollen muss von der männlichen Pflanze auf die weibliche übertragen werden damit es zu einer Produktion von Samen kommen kann. Dies muss während der Morgenstunden vonstattengehen, solange der Pollen verfügbar und noch nicht ausgetrocknet ist. Pollen kann nicht vom Wind übertragen werden, wodurch Bestäubung durch Insekten zur Regel wird. Zumindest eine männliche Pflanze pro sechs weiblicher sollte vorhanden bzw. der Abstand zwischen männlichen und weiblichen Pflanzen nicht größer als 1,5 sein. (McGregor, 1976)

Bienen, vornehmlich Honigbienen, sind verantwortlich für den Samenertrag. (Norton, 1913; Jones und Robbins, 1928; Jones und Rosa, 1928)

Eckert (1956) käftigte eine weibliche Pflanze zusammen mit zwei männlichen, um sie von einer möglichen Insektenbestäubung zu isolieren. Er erhielt von dieser Pflanze nur 6 g Samen, während eine vergleichbare weibliche Pflanze außerhalb des Käfigs 775 g Samen produzierte.

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010)

-)90% des Ertrags kann der Aktivität von Honigbienen zugeschrieben werden.

-)6,2g produzierte Samen in Käfigen ohne Insekten. 775g Samen mit einem Bienenstand (30 Kolonien) in der Nähe. (USA)

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Spargel:

AUTOR JAHR	ERTRAGSAUSWIRKUNGEN
ECKERT (1956)	6g Samen/Pflanze (Käfig) 775g Samen/Pflanze (freiliegend)

Empfohlene Bienendichte:

Eckert (1956) empfiehlt 2,5-5 Bienenvölker pro Hektar bei Asparaguskulturen.

5 Bienenstöcke pro Hektar werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Empfohlene Bienendichte für Spargel (Delaplane, 2000):

<i>Bienenstöcke/ha</i>	<i>Autoren</i>
2,5-5; 5	McGregor (1976)
4	Durchschnitt

Die Farbe der Pollenhöschen ist rot. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Tomate (*Solanum lycopersicum* L.):

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die Blüte der Tomate ist hängend, misst circa 2 cm im Durchmesser und besitzt sowohl Staubblätter als auch Griffel. Die sechs gelben Kronblätter sind an den Antheren mit den sechs Staubblättern vereint und bilden eine konische Form um den Griffel. Im Inneren des Griffels befindet sich die Samenanlage, die sich aus fünf bis neun Kammern zusammensetzt. Abhängig von der Sorte kann der Griffel kürzer oder länger als die Antheren sein. Die Narbe ist empfangsbereit ein bis zwei Tage bevor die eigene Blüte Pollen abgibt und verbleibt in diesem Stadium bis zu acht Tage nach der Pollenabgabe; Fremdbestäubung ist somit möglich. Die Antheren geben den Pollen jedoch nach innen Richtung Griffel ab, und durch Vibrationen erzeugte Selbstbestäubung ist die Norm, vor allem bei Blüten mit kurzem Griffel. Bei Variationen mit langem Griffel erfolgt die Selbstbestäubung durch Gravitation, resultierend aus der hängenden, nach unten gerichteten Position der Blüte. Blüten der Tomate produzieren Pollen, jedoch wenig bis keinen Nektar. (Delaplane, 2000)

Der Pollen ist für Wildbienen attraktiver als für Honigbienen. (McGregor, 1976)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Die Tomate ist selbstfertil und der Fruchtansatz bei Selbst- und Fremdbestäubung ist ähnlich. (Free, 1993) Jedoch hatten selbstbestäubte Pflanzen (in Glashäusern) weniger Ertrag und mehr missgebildete Früchte als Fremdbestäubte. (Marr und Hillyer, 1968)

Die Blüte muss geschüttelt oder einer Vibration ausgesetzt werden, damit es zur Pollenabgabe und anschließender Selbstbestäubung kommen kann. (Delaplane, 2000) Für den größtmöglichen Effekt muss die mechanische Vibration alle 2 bis 3 Tage wiederholt werden. (McGregor, 1976) Tomaten im offenen Feld sind normalerweise ausreichender Vibration durch Wind ausgesetzt, so dass der Pollen auf die Narbe fällt. (Lesley und Lesley, 1939)

Wo Handbestäubung nicht möglich ist, können Insekten verwendet werden. Honigbienen können zur Verteilung des Tomatenpollens herangezogen werden. (Fletcher und Gregg, 1907), aber auch Hummeln und andere Insekten sind nützlich. (Lesley und Lesley, 1939)

Ein Faktor, der die Selbstbestäubung der Tomate begünstigt, ist die relativ lange Zeit, die die Narbe empfänglich bleibt. (Smith, 1935) Kaltes oder bewölktetes Wetter hemmt die Pollenabgabe. (Stoner, 1971)

Die Rate der natürlichen Fremdbestäubung bei kommerziellen Sorten ist gering, von 0,07% in Kalifornien (Groenewegen *et al.*, 1994) bis zu 12% in Mexiko. (Richardson und Alvarez, 1957) Fremdbestäubung tritt häufiger bei Sorten mit langem Griffel auf, da ihre Narben für fremden Pollen leichter zu erreichen sind. (Delaplane, 2000; Wenholz, 1933)

Jeder Samen benötigt ein Pollenkorn; bei nicht ausreichendem Pollentransfer entsteht eine missgebildete Frucht. Die Größe und das Gewicht der Frucht steigen mit der Anzahl sich entwickelnder Samen. Der Fruchtansatz und die Anzahl der Samen pro Frucht nehmen zu, je öfter die Blüte bestäubt wird, bis zu vier Mal. (Verkerk, 1957)

Bailey und Lodeman (1895) stellten keinen Nutzen von Honigbienen als Bestäuber der Tomate fest; Neiswander (1954a, b, 1956) beobachtete, dass die Fruchtbildung durch Honigbienen gesteigert wurde, obwohl die Blüten auch eine Vibrationsbehandlung erfahren hatten.

Männlich-sterile Sorten der Tomate bestehen und werden zur Produktion von Hybridsamen verwendet. Fremdbestäubung ist hierbei erforderlich, doch weder Wind noch mechanische Vibratoren können männlich-sterile Blüten bestäuben. (McGregor, 1976) Demnach sind Insekten für die Produktion von Hybridsamen notwendig. Die Rate der Fremdbestäubung nimmt rapide ab mit steigender Distanz zur Pollenquelle. (Currence und Jenkins, 1942)

Honigbienen besuchten Tomatenblüten in einem doppelagigen Glashaus nur unregelmäßig. Der Prozentsatz an angeflogenen Blüten war anfangs generell gering, nahm jedoch mit steigender Reife der Pflanzen zu und schließlich mit steigendem Alter der Pflanze wieder ab. Blüten der Sorte „Floradel“ produzierten durch Bienenbeflug signifikant schwerere Tomaten (22%) als Blüten, welche durch ein Mulltuch von Insekten isoliert wurden. (Spangler und Moffett, 1979)

Effektivität der Hummel, Honigbiene und mechanischen Vibratoren als Bestäuber der Sorte „Cleopatra“ in Glashäusern in England (Banda und Paxton, 1991):

<i>Bestäuber</i>	<i>% Fruchtansatz</i>	<i>Durchschnittliche Früchte/m²</i>	<i>Durchschnittliches Fruchtgewicht(kg)/m²</i>
Keiner	60,1	169	11,3
Honigbienen	70,7	198	16,8
Mechanischer Vibrator	88	202	18,3
Honigbienen + Vibrator	92,4	205	20,9

Hummeln	94,9	207	24,3
Hummeln + Vibrator	96,5	208	26,1

Effektivität der Hummeln und mechanischen Vibratoren als Bestäuber der Sorte „Dombito“ in Glashäusern in British Columbia (Dogterom *et al.*, 1998):

<i>Bestäuber</i>	<i>Gewicht (g)</i>	<i>Samenanzahl</i>
Keiner	149 +/- 6,8	165,2 +/- 8,4
Mechanischer Vibrator	159,1 +/- 7	213,1 +/- 11,9
Hummeln	188,4 +/- 4,5	277,8 +/- 10,1
Hummeln + Vibrator	181 +/- 6	279,5 +/- 9,2

Effektivität der Honigbienen und mechanischen Vibratoren als Bestäuber der Sorten „Criterium“ und „Gold Star“ in Glashäusern in England (Cribb *et al.*, 1993):

<i>Bestäuber</i>	<i>% Fruchtansatz</i>	<i>Durchschnittliche Früchte/m²</i>	<i>Durchschnittliches Fruchtgewicht(kg)/m²</i>
„Criterium“			

Keiner	56	296	22,9
Honigbienen	82	431	30,7
Mechanischer Vibrator	77	391	29,6
Honigbienen + Vibrator	83	433	30,9

„Gold Star“

Keiner	72	326	25,5
Honigbienen	88	419	28,5
Mechanischer Vibrator	81	376	27,5
Honigbienen + Vibrator	86	411	28,4

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Tomaten:

AUTOR	ERTRAGSAUSWIRKUNGEN
SPANGLER und MOFFETT (1979)	Durch Bienenbeflug 22% schwerere Tomaten bei der Sorte „Floradel“

Empfohlene Bienendichte:

Es gibt keine Empfehlung für unterstützende Bestäubung durch Insekten im offenen Feld; jedoch legen Anhaltspunkte nahe, dass, wenn eine große Insektenpopulation etabliert werden kann, es für den Ertrag einen nützlichen Effekt hat. (McGregor, 1976)

Weinrebe (*Vitis vinifera* L.):

Im Jahr 2009 wurden Weinreben in Österreich auf einer Fläche von 45.100 Hektar angebaut; 2.351.900 hl Wein wurden produziert. (Grüner Bericht, 2010)

Von etwa 40 *Vitis*-Arten ist nur eine in Europa heimisch, *Vitis vinifera* L. Man nimmt an, dass unsere Kulturrebe einen vorderasiatischen Ursprung hat, doch bestehen auch enge Beziehungen zur Wildrebe, die sich in den

Auenwäldern der mitteleuropäischen Ströme noch zerstreut findet. Das Hauptverbreitungsgebiet der *Vitis*-Arten liegt in Nordamerika und hat dort einen östlichen und einen westlichen Formenkreis ausgebildet; der westliche hat einige Beziehungen zu dem ostasiatischen Vorkommen. (Maurizio, 1994)

Die Einfuhr amerikanischer Reben nach der Mitte des 19. Jahrhunderts brachte zwei Pilzkrankheiten (Falschen und Echten Mehltau) und einen tierischen Schädling (Reblaus) mit, die sich auf die nicht widerstandsfähigen europäischen Reben verheerend auswirkten. Es mussten daraufhin resistente amerikanische Reben eingeführt werden, die meist als Pfropfunterlagen verwendet wurden, vereinzelt sich aber auch als Direktträger gehalten haben, wie die im Tessin angebaute Fuchsrebe (Amerikaner-Rebe), *Vitis labrusca* L. Außerdem begann man mit einer ausgedehnten Kreuzungsarbeit mit dieser und anderen resistenten *Vitis*-Arten. (Maurizio, 1994)

Einige *Vitis*-Arten sind Klettersträucher, die haftscheibenlose Ranken entwickeln; nicht beschnittener Wein kann 30-40m lang werden. Die Wurzeln sind tiefgreifend und verästelt. Der Weinstock wird je nach Boden und Pflege 20-60 Jahre alt, kann aber vereinzelt auch ein Alter von 200 Jahren erreichen. (Maurizio, 1994)

Die nah verwandte Gattung *Parthenocissus* hat ihre Heimat ebenfalls in Nordamerika und Ostasien, weist jedoch keine europäische Art auf. Doch gedeiht sie bei uns so gut und wird so häufig zur Bekleidung von Hauswänden angepflanzt, dass man sie für einheimisch halten könnte. Der bekannteste „Wilde Wein“ ist *Parthenocissus quinquefolia* (L.) PLANCH., der 1629 aus Nordamerika nach England gebracht worden ist. Die Art *P. Tricuspidata* PLANCH. aus Ostasien hat größere, dreiteilige Blätter. Beide bilden Haftscheiben an ihren Ranken, sind also „Selbstklimmer“. Die sonst ähnliche Gattung *Ampelopsis* MICHX. em. PLANCH. bildet keine Haftscheiben, muss also gestützt werden, auch sie ist frostempfindlich. Sie stammt aus Ostasien. (Maurizio, 1994)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Es gibt zwei Arten von wilden Weinreben (*Vitis* spp.); eine besitzt ausschließlich männliche, während die andere über zwittrige, selbststerile Blüten verfügt. Kultivierte Weinreben haben zwei Arten von zwittrigen Blüten; es treten aber auch dazwischenliegende Formen auf. Der eine Typus verfügt über aufrechte Staubblätter und fertilen Pollen, der andere Typus besitzt zurückgebogene Staubblätter und überwiegend sterilen Pollen. Es gibt keine Blüten ohne Staubblätter; alle kultivierten europäischen Variationen haben ausschließlich zwittrige Blüten. Die wichtigsten sind *Vitis vinifera* L., *Vitis rotundifolia* Michx. und *Vitis munsoniana* Simpson. (Free, 1993)

Die Blüten treten in Büscheln auf; jene an der Basis öffnen sich zuerst, innerhalb von 1-2 Tagen sind dann alle geöffnet. Zwittrige Blüten besitzen einen schmalhalsigen Stempel und ein erweitertes, zweikammeriges Ovarium mit je zwei Ovule. Normalerweise verfügt die Blüte der Traube über fünf Staubblätter, jedoch kann die Anzahl zwischen 4 und 8 variieren, sogar innerhalb desselben Büschels. Die Nektarien befinden sich zwischen den Basen der Staubblätter. Der Blütenkelch, welcher sich normalerweise aus fünf Kelchblättern zusammensetzt, ist auf einen kleinen Ring an der Basis der Blüte reduziert. Die Blütenkrone besteht aus fünf vereinten Kronblättern, welche sich zuerst an der Basis der Blüte öffnen. Sie verbleiben für einige Zeit als geschlossenes „Hütchen“ an der Spitze der Blüte (Calyptra). Sobald die Calyptra abgeworfen wird bewegen sich die Staubblätter vom Stempel weg, obwohl die Antheren zuvor eventuell aufbrechen könnten und so eine Selbstbestäubung

ermöglichen. Die Öffnung kann nur wenige Minuten dauern, aber auch einige Stunden. Die männlichen Blüten besitzen gut ausgebildete Staubblätter, jedoch nur rudimentäre Stempel und Ovarien mit nicht entwickelten Ovule. (Free, 1993)

Die Nektarsekretion beträgt bei *Parthenocissus tricuspidata* 0,9-2,0mg/Blüte, mit 29-67% Zucker und einem Zuckerwert von 0,5-0,6mg. Der Honigwert reiner Bestände wird auf 188-262 kg/ha geschätzt. (Maurizio, 1994)

Die Pollenproduktion der Rebe ist spärlich, so bleibt der Anteil *Vitis*-Höschen im Allgemeinen unter 1% der Gesamternte. Die Höschen selbst sind grünlich-gelb und mittelgroß (mittleres Gewicht 7,2mg); ihr Stickstoffgehalt beträgt 3,92%. (Maurizio, 1994)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Das Ausmaß, in dem eine automatische Bestäubung bei selbstfertilen Kulturen auftritt, scheint nicht bekannt zu sein. Empfehlungen zufolge sollten Blüten in Glashäusern handbestäubt werden. (Hughes, 1951)

Selbstfertilität variiert stark mit den verschiedenen Kulturen. Einige sind komplett selbstfertil, andere hingegen vollständig selbststeril; die meisten Kulturen liegen zwischen diesen beiden Extremen. Selbststerilität scheint oft, wenn nicht sogar immer, mit sterilem Pollen in Verbindung zu stehen und dürfte nicht durch genetische Inkompatibilität verursacht werden. Ein Zusammenhang zwischen zurückgebogenen Staubblättern und Selbststerilität besteht; der Pollen dieser Staubblätter zeigt keine Keimung (Stout, 1921), so dass Weinreben, welche über zurückgebogene Staubblätter verfügen, entweder keine Frucht produzieren oder nur lose Büschel bilden, sofern sie nicht fremdbestäubt werden. (Einset, 1930)

Jedoch sind manche Kulturen mit aufrechten Staubblättern ebenfalls selbststeril und es wird behauptet, dass Fremdbestäubung die Quantität der reifen Beeren erhöht. (Sosunkov, 1953)

Um den maximalen Ertrag zu erzielen werden selbststerile Kulturen manchmal handbestäubt, wobei der verwendete Pollen mit Lykopodiumpulver vermischt wird. (Gladwin, 1937; Wellington, 1956)

Wenn eine Kultur teilweise oder komplett selbststeril ist, wird das Zwischensetzen von Bestäuberulturen empfohlen; manchmal jeder dritte Weinstock in jeder dritten Reihe oder sogar alternierende Reihen. (Lagassé, 1928; Free, 1993)

Wenn teilweise selbststerile Kulturen als Bestäuber von selbststerilen Kulturen verwendet werden, dann ist der Prozentsatz an Fruchtbildung mit dem der Bestäuberkultur selbst vergleichbar. Selbstfertile Kulturen geben normalerweise gute Resultate wenn sie zur Bestäubung von entweder teilweise oder komplett selbststerilen Kulturen verwendet werden. (Free, 1993)

Entweder Wind oder Insekten sind für das Transferieren des Pollens zu den selbst-unfruchtbaren Kulturen verantwortlich, jedoch ist der relative Wert von Wind und Insekten bei Selbst- und Fremdbestäubung auf Grund unzureichender Experimente und Beobachtungen diskussionswürdig. (Free, 1993)

Sartorius (1926) zeigte, dass nur wenige Blütenbüschel, bei denen die Staubblätter entfernt wurden, Früchte ausbildeten, es sei denn sie befinden sich 7-10cm neben intakten Blüten. Er beobachtete auch, dass, wenn

Büschel mit entwicklungsfähigem Pollen bei selbst-unfruchtbaren Kulturen ausgeschlossen wurden, sie die Fruchtbildung großteils nur in ihrer unmittelbaren Umgebung beeinflussten. Er schloss, dass Selbstbestäubung der Regelfall sei, obwohl das schnelle Aufplatzen der Antheren, welches manchmal auftritt, Pollen auf angrenzende Blüten schleudern kann und, um Fremdbestäubung zu erreichen, eine Bestäubung per Hand oder Maschine notwendig ist; eine Ansicht, die auch Einset (1930) vertrat. Jedoch zeigten spätere Experimente von Gladwin (1937), dass Traubepollen durch Luftströmungen bis zu 4,9m getragen werden kann. Er empfiehlt, dass pollentragende Weinreben nicht weiter als 4,9m von selbst-unfruchtbaren Kulturen entfernt gesetzt werden sollten und dass sie, um Änderungen der Windrichtung vorzubeugen, diese umrunden sollten.

Olmo (1943) käfigte die Hälfte der fünf „Almeira“ Weinreben, um große Insekten wie Honigbienen und Syrphide auszuschließen, und fand heraus, dass 8,5% der gekäfigten Blüten Früchte ausbildeten verglichen mit 10,5% der ungekäfigten Reben. Wind-, Insekten- und Fremdbestäubung waren außerhalb des Käfigs wahrscheinlich häufiger der Fall, und das könnte die zusätzlichen 2% erklären.

Marletto und Manino (1979) berichteten, dass das Käfigen von Blütenbüscheln der selbstfertilen Kultur „Nebbiolo“ mit einem 2mm Nylonnetz wenig bis keinen Unterschied in Bezug auf Fruchtbildung, Fruchtanzahl und Fruchtgewicht der reifen Trauben ausmachte. In Punjab, Indien (Mann und Tanda, 1985) war die Fruchtbildung bei gekäfigten und ungekäfigten Blüten der Sorte „Perlette“ ähnlich. Pinzauti (1983) hingegen fand heraus, dass gekäfigte Büschel der selbstfertilen Kultur „Malvasia Bianca“ bei ausbleibender Handbestäubung eine geringere Fruchtbildung aufwies (35%) als bei erfolgter Selbstbestäubung per Hand (40%) oder Fremdbestäubung per Hand (41%); Blüten, welche für Insekten zugänglich waren, wiesen die höchste Rate an Fruchtbildung auf (55%) und produzierten auch die qualitativ hochwertigsten Früchte.

Experimente von Kudinova (1979) demonstrierten die verschiedenen Bestäubungserfordernisse der einzelnen Kulturen; er entdeckte, dass eine Kultur („Ninrang“) einen höheren Bedarf an Bestäubung durch äußere Umstände aufwies als zwei andere Kulturen („Myuskadel“ und „Matyash Yanosh“). Sie zeigten bei Käfigung eine Fruchtbildung von 0, 50 und 42%; bei offenen Flächen und keinen Bienenkolonien innerhalb eines 3km Radius lagen die Werte bei 48, 87 und 85%. Jedoch zeigten alle drei Kulturen eine ähnliche Fruchtbildung durch Bestäubung per Hand (83, 91 und 93%) oder wenn Bienenkolonien innerhalb eines 300km Radius platziert wurden (91, 94 und 91%).

Priore *et al.* (1985) käfigten 48 Pflanzen eines Weinbergs mit 10 Bienenkolonien; die Fruchtbildung bei den gekäfigten Pflanzen lag bei 7,7% verglichen mit 11,3% bei ungekäfigten Pflanzen, welche auch eine erhöhte Fruchtgröße, ein gesteigertes Fruchtgewicht sowie einen größeren Endertrag aufwiesen.

Sharples *et al.* (1965) käfigte einige Weinreben der Kultur „Cardinal“ mit Honigbienen, andere ohne Insekten und wiederum einige gar nicht. Von jeder Behandlung wurden fünf Wiederholungen durchgeführt. Obwohl in den Käfigen mit Honigbienen mehr Bienen auf Nahrungssuche waren als bei den offenen Flächen konnte trotzdem kein Unterschied im produzierten Ertrag festgestellt werden. Möglicherweise wurde die zusätzliche Bestäubungsleistung innerhalb des Käfigs durch den Effekt des Käfigs selbst auf das Pflanzenwachstum und die ausbleibende Fremdbestäubung ausgeglichen. Allerdings hatten alle Weinreben, welche von bestäubenden

Insekten angefliegen wurden, egal ob innerhalb oder außerhalb der Käfige, signifikant mehr Samen pro Beere als jene, welche von Bienen isoliert wurden.

Girolami und Cargnello (1977) berichteten, dass das Einbringen von Bienenkolonien in Weingärten der Kultur „Picolit“ und seines Bestäubers „Friuli Verduzzo“ die Fruchtbildung bei den „Picolit“-Pflanzen nahe der Bienenstöcke erhöhte.

Da nur wenige Insekten die Traubenblüten als Nektarquelle nutzen, wird angenommen, dass die Nektarien entweder nicht funktionieren oder der Nektar nicht übermäßig attraktiv ist. (Gladwin, 1937; Winkler, 1962)

Brantjes (1978) studierte die Bestäubung von wilden Pflanzen des *Vitis vinifera* in den Niederlanden. Er beobachtete, dass viele Insekten wie Coleoptera, Halictidae und Syrphidae die Blüte zwecks Pollengewinnung anfliegen, jedoch nutzte keine Spezies die Blüte als Nektarquelle. Er schloss, dass die sogenannten Nektarien der Trauben eigentlich Duftstoff-produzierende Organe seien. Eine isolierte „Nektarie“ wies den charakteristischen Duft der Traubenblüte auf; durch Entfernen ebendieser wurde die Blüte geruchlos.

Bolchi Serini und Galimberti (1988) kamen zu dem Schluss, dass Honigbienen, die in opulenter Zahl bei *Vitis vinifera* in Norditalien auf Nahrungssuche waren, kleine Mengen Nektar sowie reichlich Pollen sammelten.

Olmo (1943) beobachtete drei Blütenbüschel für die Dauer von drei Stunden; er verzeichnete 6 Bienen bei einem und 5 Honigbienen bei einem anderen Büschel. Einige Honigbienen sammelten große Mengen Traubepollen sowie auch Nektar. Olmo wies darauf hin, dass, obwohl die Anzahl der Honigbienen stark variiert, sie eine Fremdbestäubung fördern und er empfiehlt das Einbringen von Honigbienen in Weingärten als Ergänzung zur Windbestäubung.

Es wird auch berichtet, dass Bienen durch Fütterung mit Zuckersirup, in welchem Traubenblüten eingelegt waren, auf das Anfliegen von Traubenblüten trainiert werden können und dass durch den erhöhten Beflug das Ertragsgewicht um 23 bis 54% gesteigert wird, abhängig von der Kultur. (Barskii, 1956) Christopher (1958) kam zu dem Schluss, dass auf Grund der relativ späten Blühzeit der Trauben normalerweise ausreichend Wildbienen und andere Insekten zugegen sind, um die Blüte zu bestäuben, vorausgesetzt der Weingarten ist so angelegt, dass sich die selbst-unfruchtbaren Kulturen innerhalb von 3 bis 4 Reihen zur Pollenquelle befinden. Steshenko (1958) bemerkte, dass, wenn andere Blüten rar waren, Honigbienen zwischen 68 und 84% des Pollens von Traubenblüten bezogen; er behauptet, dass daraus resultierend der Ertrag einer Kultur um 38% und der einer anderen Kultur um 48% gesteigert wurde.

Unterschiedliche Kulturen variieren möglicherweise in ihrer Attraktivität auf Honigbienen. Pinzauti (1983) berichtet, dass in Italien im Allgemeinen Honigbienen nur wenig von der Kultur „Malvasia Bianca“ angezogen wurden, während Marletto und Manino (1979) beobachteten, dass Honigbienen, welche zwischen 9 und 11 Uhr Pollen sammelten, die häufigsten Besucher der Kultur „Nebbiolo“ stellten; andere waren *Halictus* sp., Syrphidae, Diptera, Cerambycidae, Oedemeridae und Coleoptera.

In Punjab, Indien, vollzog die Honigbiene *Apis dorsata* die meisten Anflüge auf Traubenblüten; nahezu alle dieser Anflüge fanden zwischen 7 Uhr und 9 Uhr 30 statt, was zeitlich mit dem Abfallen des Kronblatthütchens zusammenfällt. Eine *Apis dorsata* Biene flog 0,5-3,0 (durchschnittlich 1,9) Rispen pro Minute an. Syrphide waren ebenfalls zahlreich zugegen. (Mann und Tanda, 1985)

Es ist wahrscheinlich, dass selbststerile Kulturen von Insektenbestäubung profitieren; selbstfertile Kulturen möglicherweise ebenfalls, jedoch in einem geringeren Ausmaß. (Free, 1993)

Empfohlene Bienendichte:

Empfehlungen reichen von einer (Davydova, 1969; UdSSR) bis zu fünf Bienenkolonien (Goebel, 1984; Australien) pro Hektar.

Die Farbe der Pollenhöschen ist gelb. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Zuckerrübensamen (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* var. *altissima* DÖLL.):

Im Jahr 2009 wurden in der EU 17,1 Mio. Tonnen Zuckerrüben auf einer Fläche von 1,4 Mio. Hektar geerntet, davon 3,08 Mio. Tonnen auf einer Fläche von 44.000 Hektar in Österreich. (Grüner Bericht, 2010)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die kleine, grünliche Blüte der Zuckerrübe bildet Büschel von zwei oder drei Stück. Jede besitzt fünf Kelchblätter, fünf Staubblätter, eine unterentwickelte Samenanlage mit einer einzelnen weiblichen Samenzelle und einen kurzen Griffel mit drei narbigen Lappen. Die Blüten öffnen sich am Morgen und die Antheren geben, bei warmen, sonnigen Wetter, Pollen noch vor der Mittagszeit ab. Bei den meisten Sorten beginnen die narbigen Lappen nachmittags mit dem Öffnen, sind jedoch nicht vollständig freigelegt bis zum nächsten oder übernächsten Tag. Die Antheren können schon komplett geschrumpft sein, bevor die narbigen Lappen sich geöffnet haben. (Artschwager, 1927)

Die Narben bleiben am Beginn der Saison für 17 Tage empfangsbereit; am Ende der Saison gar für 24 Tage. (Free, 1993)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Das Verhalten der Blüte begünstigt nicht nur Fremdbestäubung, sondern eine fast allgemeine Selbstinkompatibilität dürfte die Regel sein. (Shaw, 1916) Nach einer vermeintlichen Selbstbestäubung beginnt das Pollenkorn zu keimen, auch wenn die Narbe noch nicht geöffnet ist, und der Pollenschlauch wächst, verglichen mit fremden Pollen, langsam, vermindert sein Wachstum zunehmend bis hin zum kompletten Stopp; normalerweise ohne die Samenanlage zu erreichen. Einige höchst selbstfertile Sorten wurden selektiert, deren Pollenschläuche schneller wachsen; es kommt somit zu einer erfolgreichen Befruchtung. (Archimowitsch, 1949; Savitsky, 1950) Fremdbestäubung kann über eine Distanz von mehreren Kilometern erfolgen. (Poole, 1937)

Wind als Bestäuber der Zuckerrüben gilt als wichtig. Zuckerrübenpollen wurde 4500 m entfernt vom Feld des Anbaus sowie in einer Höhe von 5000 m nachgewiesen; jedoch tritt der meiste Pollen, der durch Wind übertragen wird, bis zu einer Höhe von 750 m auf. (Meier und Artschwager, 1938) Stewart (1946) kam mit seinen Experimenten zu dem Schluss, dass Wind allein für die Bestäubungsleistung ausreichend ist. Insektenbestäubung hat einen wichtigeren Stellenwert bei der Produktion von Hybridsamen, da tetraploide Pflanzen weniger und größere Pollenkörner produzieren und ihre Antheren nicht in dem Maße Pollen abgeben. (Scott und Longden, 1970)

Honigbienen sind als Bestäuber der Zuckerrübe geeignet. (Treherne, 1923) Jedoch gehören die solitären Bienen

der Gattungen Halictidae, Megachilidae und Anthophoridae zu den zahlreichsten Besuchern dieser Kultur. (Popov, 1952) Honigbienen sind eher abgeneigt, Zuckerrüben als Nahrungsquelle anzufliegen, tun dies aber in großer Zahl, wenn kein anderes Futterangebot verfügbar ist (Archimowitsch, 1949) und können den Ertrag steigern. (Mikitenko, 1959)

Es ist unwahrscheinlich, dass das Aufstellen von Bienenstöcken bei Feldern der Zuckerrübe einen signifikanten Einfluss auf die Bestäubungsleistung hat, besonders wenn sich eine reichhaltigere, attraktivere Pollen-/Nektarquelle in der Nähe befindet. (Free, 1993)

Zwetschke [Pflaume] (*Prunus domestica* L.):

Im Jahr 2009 wurden in Österreich 3.468 Tonnen Zwetschken geerntet. (Grüner Bericht, 2010)

Die europäische Pflaume (Zwetschke), *Prunus domestica* L. ($2n=48$) wird als ein Artbastard aus *Prunus spinosa* L., der Schlehe ($2n=32$) und *Prunus cerasifera* ssp. *Divaricata* Ehrh., der Myrobalane ($2n=16$) angesehen. Über die Heimat der Pflaume gehen die Meinungen auseinander. Da beide Arten im Norden des Kaukasus bis zum Altaigebirge heute noch wild vorkommen, ist es wahrscheinlich, dass die Pflaume dort beheimatet ist. (Störtzer *et al.*, 1992)

Anfänge des Pflaumenanbaus sind in Griechenland aus der Zeit 2500 v. Chr. belegt, während der Anbau in Vorderasien wenig geklärt ist. GROH berichtet von Funden in Pfahlbauten aus der Jungsteinzeit 4000 bis 3000 v. Chr., bei denen nördlich der Alpen neben Resten von Äpfeln und Birnen auch solche von Pflaumen gefunden wurden. Dabei handelt es sich um Wildformen, Vorfahren von Spillingen oder Kriechenpflaumen. Ihr Vorkommen erstreckt sich vom Kaspischen Meer über Ost- und Süd- bis nach Mitteleuropa. Somit könnten die Pflaumen auch aus dieser Region stammen. Unsere heutigen Kultursorten wären dann Auslesen und spätere Kreuzungen aus den genannten Wildformen. (Störtzer *et al.*, 1992) Dafür sprechen Funde von Pflaumensteinen großfrüchtiger Typen, wie den heute noch vorkommenden Spillingen, so dass sich eine Herkunftslinie der Pflaume aus der Steinzeit bis in die Gegenwart verfolgen lässt. Die Pflaumen aus den Gebieten Kaukasus und des Altai haben sich über Kleinasien bis nach Griechenland verbreitet und wurden von den Römern angebaut. Z.Z. des Plinius (23 bis 79 n. Chr.) wurden bereits mehr als 30 Pflaumensorten beschrieben. Diese brachten die Römer mit ihren Feldzügen von 50 bis 400 n. Chr. in das heutige Frankreich und Deutschland. (Störtzer *et al.*, 1992)

Pflaumen werden gegenwärtig in den USA, Kanada, Südafrika, Frankreich, Deutschland, Italien, ehem. Jugoslawien, Rumänien, Moldawien, England und der Tschechei gezüchtet. (Störtzer *et al.*, 1992)

Alle warmen, nährstoffreichen und feuchtigkeitshaltenden Böden sind für den Pflaumenanbau geeignet. Auf trockenen Böden werden die Früchte vorzeitig abgeworfen bzw. wird die typische Geschmacksqualität nicht erreicht. Leichte, sandige Böden erfordern hohe Aufwendungen für eine regelmäßige Nährstoff- und Feuchtigkeitzufuhr; auf schweren Böden ist eine sorgfältige Bodenpflege zur Sicherung der Feuchteansprüche notwendig. Durch die Unterlagewahl können die Ansprüche der Pflaumensorten dem Boden angepasst werden. (Störtzer *et al.*, 1992)

Hinsichtlich des Klimas bevorzugen Pflaumen in der Regel warme Standorte. Besonders bei den geschmacklich hochwertigen Pflaumen- und Reneklodensorten sind warme Lagen eine Anbauvoraussetzung. Spätreifende

Sorten bedürfen eines langen, warmen Herbstes, um im Geschmack voll zu befriedigen. Lediglich robuste Sorten wie beispielsweise die heimische Hauszwetschke und ihre ausgelesenen Typen gedeihen auch noch in rauerer Lagen. Allerdings müssen dann hier auch frühreifere Auslesen angebaut werden. Im Marktanbau wäre bei guten Absatzmöglichkeiten der Einsatz einer Tröpfchenbewässerung denkbar, um den Wachstumsfaktor Wasser optimal zu gestalten. (Störtzer *et al.*, 1992)

Die Pflaume stellt weiterhin hohe Anforderung an die Feuchtigkeit, die höchste von allen Obstarten. Der durchschnittliche Niederschlag soll 700mm betragen, davon 50% während der Vegetationsperiode. (Häufiger Niederschlag im Spätsommer führt allerdings zum Platzen und Faulen der Früchte). Stark austrocknende Südhänge sind für den Anbau nur bedingt geeignet. Dagegen verträgt die Pflaume einen hohen Grundwasserstand. Nach GROH kann er bis 0,60m unter die Bodenoberfläche reichen. Frostgefährdete Lagen, wie Talsenken und Lagen, in denen sich Kaltluft stauen kann, sind vom Anbau auszuschließen. (Störtzer *et al.*, 1992)

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Die zahlreichen weiß- bis cremefarbenen Blüten der Zwetschke treten in Büscheln von 1 bis 3 Stück auf. (McGregor, 1976) Ein Jahr alte Zweige haben 12 bis 117 Blüten pro m², während zwei- oder mehrjährige 96 bis 153 Blüten/m² besitzen. (*Acta Horticulturae* 478 (1998))

Die japanischen Sorten blühen etwa zur gleichen Zeit wie die Mandel; die europäischen ungefähr zeitgleich mit dem Pfirsich. (McGregor, 1976)

Die Blüten der Zwetschke besitzen fünf Kronblätter, einige Staubblätter und einen Griffel mit einer zweilappigen Narbe. Die Samenanlage besteht aus einer Kammer, in der sich zwei weibliche Samenzellen befinden, von denen sich normalerweise nur eine entwickelt. Die Staubblätter können länger, kürzer oder gleich lang sein wie die Narbe, abhängig von der Sorte. (Delaplane, 2000) Buchanan (1903) gab an, dass die Antheren sich in etwa auf gleicher Höhe mit der Narbe befinden, während Brown (1951) bemerkte, dass die Narben der Sorte „President“ doppelt so lang wie die Staubblätter sind.

Die Narbe selbst ist empfängsbereit sobald sich die Blüte öffnet; Antheren sondern erst Pollen ab, wenn die Blüte vollständig geöffnet ist. (Delaplane, 2000) Die Blühdauer reicht von 4 bis 15 Tagen, abhängig von Jahr und Genotyp. (Szabo und Nyeki, 1996)

Der jährliche Blütenbesatz bei den Kirschen ist relativ konstant und gut kalkulierbar. Die Zwetschken als Gesamtgruppe sind im Blühverlauf variabler. Dementsprechend verlaufen die Erträge langfristig gesehen unregelmäßiger. Bei manchen Sorten führen hohe Ernten, kombiniert mit nachlässiger Pflege, zu geringeren Erträgen im Folgejahr. Eine extreme Alternanz ist jedoch selten. (Feucht *et al.*, 2001)

Eine beachtliche Menge Nektar wird an der Basis des Griffels abgegeben. (Buchanan, 1903), morgens noch etwas verdünnt, jedoch immer konzentrierter mit Fortschreiten des Tages. (McGregor, 1976) Zwischen den Gattungen und Arten, und manchmal auch zwischen den Kultursorten, bestehen Unterschiede der Nektarsekretion, sowohl in Bezug auf Menge und Zuckergehalt des Nektars wie auf seine chemische Zusammensetzung (Zuckerbild). Daraus ergeben sich Unterschiede der Attraktivität für Insekten, Konkurrenz zwischen gleichzeitig blühenden Arten und Störung der Bestäubung und des Fruchtansatzes. (Maurizio, 1994) Brown (1951) fand einen beträchtlichen Unterschied bei der Menge an produziertem Nektar pro Blüte, wobei

eine Sorte („Kea“) 1,7 ml pro 100 Blüten abgab – mehr als 10-mal so viel wie die Sorte mit der geringsten Nektarabsonderung. Er beobachtete einen engen Zusammenhang zwischen Nektarmenge pro Blüte und Anzahl der anwesenden Bienen.

Bei Zwetschken findet man im Schnitt einen Zuckerwert (je Blüte/24 Stunden) von 0,3 – 1,4mg. Im Nektar von Zwetschken sind die drei Hauptzucker annähernd zu gleichen Teilen vertreten. (Maurizio, 1994)

Der Saccharosegehalt des Nektars beträgt 21%. Die Konzentration ist gering und daraus resultiert eine Beeinträchtigung der Bestäubung durch Honigbienen, da der Zuckerlevel unter dem optimalen Wert liegt, welcher Bienen anlockt. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Die Zuckerkonzentration beträgt lediglich 6,2% zwischen 7 Uhr und 8 Uhr bei 100% relativer Luftfeuchtigkeit, 8,1% um 9 Uhr 40 bei 85% Luftfeuchtigkeit und 25,8% um 14 Uhr bei nur noch 53% Luftfeuchtigkeit. (Vansell, 1934)

Die Obstbäume und ihre Verwandten bieten den Insekten neben Nektar reiche Pollentracht. Bei Zwetschken wird je Blüte ca. 0,9 mg Pollen produziert. Die Pollendarbietung dauert bei den Obstarten den ganzen Tag hindurch bis in die Nachmittagsstunden. (Maurizio, 1994)

Bei Temperaturen unter 14°C öffnen sich die Antheren nur langsam, um Pollen abzugeben. Über 20°C findet hingegen eine schnelle Öffnung statt. Die Viabilität der Narbe variiert zwischen 3 und 5 Tagen (bei Temperaturen unter 10°C) und 1 und 2 Tagen (bei Temperaturen über 13°C). (Szabo und Nyeki, 1996)

Antheren	Unter 14°C	Zwischen 14°C und 20°C	Über 20°C
Rate der Pollenabgabe (Dehizensenz)/Stunde (%)	1 bis 5	2 bis 10	4 bis 16

Szabo und Nyeki (1996)

Bei einer Temperatur unter 10°C keimt der Pollen nur langsam, das Wachstum des Pollenschlauchs ist verlangsamt, die Narbe hat eine geringe Aufnahmefähigkeit und eine Befruchtung tritt nicht ein oder die Entwicklung des Embryos wird vorzeitig beendet. (*Acta Horticulturae* 478 (1998))

Zwetschkenpollen ist schwer und klebrig. (Langridge und Goodman, 1985) Der Obstbaumpollen gehört mit einem Stickstoffgehalt von 4,5 – 4,9% (Eiweißgehalt 26 -28%) zu den stickstoffreichen Pollenarten. Anhand von Fütterungsversuchen mit Bienen erwies er sich als biologisch hochwertig und wurde in die Gruppe der wirksamsten Pollenarten eingereiht. Durch die Ausdehnung der Kulturen und den Blüten- und Pollenreichtum tragen die Obstbäume weitgehend zur Pollenversorgung und der Frühjahrsentwicklung der Bienenvölker bei. (Maurizio, 1994)

Bor spielt eine wichtige Rolle bei der Pollenproduktion, seiner Keimung und dem Wachstum des Pollenschlauchs. (www.agric.wa.gov.au, 2010) Auch Kalzium beeinflusst das Wachstum. (*Acta Horticulturae* 478 (1998))

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Sorten der Zwetschke reichen von komplett selbststeril bis zu komplett selbstfertil, jedoch benötigen die meisten von ihnen Fremdbestäubung durch eine passende Bestäubersorte. (Delaplane, 2000) Die italienische Zwetschke ist vollkommen selbstfertil und Bienen sind für die Pollenverteilung nicht zwingend notwendig. (Thompson und

Liu, 1972) Außer der italienischen Zwetschke und „Stanley“ sind alle europäischen Kulturen (in Kanada) selbststeril und benötigen gemischtes Setzen. (Dickson und Smith, 1953)

Das Kreuzen von asiatischen/japanischen Zwetschken mit amerikanischen Sorten hatte zur Folge, dass die Kulturen selbststeril wurden oder zumindest eine sehr geringe Rate an Selbstfertilität zeigten. Sie haben jedoch durch Fremdbestäubung eine gute Fruchtbildung. Die höchste Rate der Selbstfertilität betrug 43% bei europäischen und 7% bei japanischen Zwetschken. (Nyeki und Szabo, 1996b)

Einige Variationen erfordern spezifische andere Sorten als Bestäuber und produzieren keine Frucht ohne den Pollen dieser Pflanze. Umgekehrt sind ein paar Sorten kreuzungsinkompatibel, und es kommt zu keiner Fruchtbildung mit fremden Pollen. Alle Sorten, auch die selbstfertilen, benötigen Insekten um den Pollen zu den empfangsbereiten Narben zu transportieren. Bei selbststerilen Sorten sollte darauf geachtet werden, Hauptsorte und Bestäubersorte so zu setzen, dass Bienen bei ein und demselben Sammelflug beide Variationen anfliegen. Die gängigste Art und Weise, um dies zu erreichen, ist das Setzen von Bestäuberpflanzen als jeden dritten Baum in jeder dritten Reihe. (Delaplane, 2000)

Griggs und Hesse (1963) empfehlen, dass jeder vierte Baum in jeder vierten Reihe eine kompatible Bestäubersorte sein sollte, welche beständig zur selben Zeit wie die Hauptkultur blüht.

Prozentsatz der Fruchtbildung bei gekäfigten Blüten. (Nyeki und Szabo, 1996b)

Kultur	Minimum	Maximum	Durchschnitt	Selbstfertilitätsgruppe
Laroda	0	0	0	Komplett selbststeril
Friar	0	0.2	0.1	Selbststeril (0,1% bis 1%)
Santa Rosa	0	3.5	1.4	Teilweise selbstfertil (1,1% bis 10%)

Plantagen mit ausschließlich einer Kultur können nur unter Verwendung einer höchst selbstfertilen Sorte funktionieren. Jedoch kann es selbst dann in manchen Jahren zu einer sehr geringen Fruchtbildung kommen, weswegen die Verwendung von Honigbienen für einen guten Ertrag essentiell ist. (Nyeki und Szabo, 1996b)

Kulturen mit einer längeren Blühdauer gewährleisten eine effizientere Bestäubung im Falle regnerischer Tage oder anderen ungünstigen Bedingungen, die während der Bestäubungsperiode auftreten. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Wie eine Untersuchung von 63 Pflaumenkulturen zeigte, fand bei 18% ein frühes Blühen, bei 20,6% ein frühes bis mittleres Blühen, bei 17,5% ein mittleres, bei 19% ein mittleres bis spätes und bei 23,9% ein spätes Blühen statt. (Szabo und Nyeki, 1996) Die Autoren meinen, dass auf Grund des Effekts der Temperatur und der zwischen den Jahren unterschiedlichen Blühperioden zumindest zwei Bestäuber für selbststerile Zwetschkenkulturen vorhanden sein sollten. Einer, der zwei Tage vor der Kultur, und einer, der zwei Tage nach der Kultur zu blühen beginnt.

Kultur	Benötigt Bestäuber?	Passende Bestäuber
Laroda	Ja, selbststeril	Beauty, Friar, Queen Rosa, Santa Rosa, Wickson
Santa Rosa	Nein, aber wünschenswert, teilweise selbststeril	Beauty, Queen Rosa, Wickson, Narrabeen, Ruby Blood
Black Amber	Ja	Queen Rosa, Durado
Stirling	Ja	Laroda, Wickson, Santa Rosa
Friar	Ja, selbststeril	Casselmann, Laroda, Santa Rosa, Black Amber

Ruby Blood	Ja	Santa Rosa, Mariposa, Narrabeen, Wickson
Simka	Nein	Friar, Black Amber
Narrabeen	Ja, blüht früh	Mariposa, Santa Rosa, Ruby Blood
Kelsey	Ja	Wickson, Santa Rosa, Beauty
Mariposa	Ja, blüht früh	Beauty, Laroda, Santa Rosa, Narrabeen
Quenn Anne	Ja	Laroda, Santa Rosa, Casselman
Satsuma	Ja, selbststeril	Santa Rosa
Wilson	Ja	Santa Rosa, Queen Rosa, Friar
Queen Rosa	Ja, blüht früh	Casselmann, Friar, Laroda, Santa Rosa, Simka, Black Amber
Salad	Ja, blüht früh	Narrabeen, Mariposa, Santa Rosa
Beauty	Nein, aber wünschenswert	Laroda, Santa Rosa, Wickson
Wickson	Ja	Santa Rosa, Ruby Blood, Beauty

(www.agric.wa.gov.au, 2010)

Zwetschken benötigen in den meisten Fällen Pollenkörner einer anderen kompatiblen Blüte zum richtigen Zeitpunkt, damit ein entwicklungsfähiger Pollenschlauch das Ovarium erreicht und eine Frucht gebildet werden kann. Um sicherzustellen, dass solcher Pollen eine maximale Anzahl von Blüten erreicht, wird eine Vielzahl an Bestäubern benötigt. (McGregor, 1976)

Honigbienen sind die wichtigsten Bestäuber der Zwetschke; sie befliegen die Kulturen in ausreichendem Maße, vor allem morgens. (Delaplane, 2000) Auch Hooper (1936) wies darauf hin, dass die Honigbiene auf Grund ihrer Tendenz, bei einer Nahrungsquelle zu bleiben, der ideale Bestäuber ist.

Von vier zweizargigen Kolonien, welche sich 60 Meter von den Bäumen entfernt befanden, waren durchschnittlich 8,8 Bienen pro Baum auf Nahrungssuche (1,9 Bienen/Baum bis 27,5 Bienen/Baum). Von ihnen waren 66% Pollen- und 44% Nektarsammler. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Bäume, die in unmittelbarer Nähe von Bienenstöcken stehen, zeigen einen größeren Fruchtansatz als jene, die weiter entfernt wachsen. (Free, 1962b)

Zwischen 125m und 300m Entfernung zum Bienenstand sank die Fruchtbildung um 242%. (Casilda *et al.*, 1994) Die Aktivität der Honigbienen sank generell mit steigender Distanz zum Bienenstand. (Calzoni und Speranza, 1998)

Bei *Prunus salicina* machten Honigbienen 86,5% der Blütenbesucher aus. (Casilda *et al.*, 1994) In Victoria waren 88,5% der Insekten Honigbienen. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Auf Grund der frühen Blüte (später Winter bis früher Frühling) und der Tatsache, dass die meisten Bienen gleich nach Öffnung der Blüte auf Pollensuche sind, sollten die Bienenstöcke mit Zuckersirup versorgt werden. (www.agric.wa.gov.au, 2010)

Auch Hummeln, andere Wildbienen und Fliegen können bei der Bestäubung eine Rolle spielen (Backhouse, 1912; Brown, 1951); Wind hingegen ist kein Faktor. (Backhouse, 1912; Waugh, 1900) Jedoch haben große Plantagen zu viele Blüten, als dass sie ausschließlich von lokalen Bienen bedient werden könnten. (McGregor, 1976)

Kinman (1924, 1938, 1943) warnte vor eventuellen Missernten bei Abwesenheit von Bienen.

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-)153% gesteigerter Ertrag bei der Sorte „Satsuma“ in offenen Flächen verglichen mit von Bienen isolierten Flächen.

-)Unter Verwendung von Honigbienen wurde der Ertrag um 150% gesteigert; von 8t/ha auf 20t/ha.

-)Französische Zwetschken: bei gekäfigten Bäumen lag die Fruchtbildung bei 1,3% verglichen mit 3,6% bis 21,8% bei offener Bestäubung (mit Honigbienen). Bei mit Bienen gekäfigten Bäumen lag der Wert zwischen 15,5% und 19,4%. (Langridge und Goodman, 1985)

Messung	Gekäfigt (keine Bienen)	Offen bestäubt	% Unterschied (Nutzen)	Signifikanz
Fruchtbildung (%)	1.85	5.9	219	P<0,01
Fruchtgewicht (kg)	14.7	38.4	161	P<0,01
Anzahl der Früchte	306	1 020	233	P<0,01

Langridge und Goodman (1985)

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Zwetschken:

AUTOR JAHR	ERTRAGS-AUSWIRKUNGEN
CASILDA <i>et al.</i> (1994)	Zwischen 125 und 300 m Entfernung zum Bienenstand sank die Fruchtbildung um 242%

Empfohlene Bienendichte

Allen (1929) empfiehlt eine Kolonie pro 0,4 ha. Langridge und Goodman (1985) raten zu 2,5 Bienenstöcken pro Hektar. 2 bis 4 Bienenstöcke/ha werden vom australischen Department of Agriculture and Food empfohlen. (www.agric.wa.gov.au, 2010).

Die Kolonien sollten nicht weiter als 137m voneinander entfernt sein. (Roberts und Congdon, 1955)

Empfohlene Bienendichte für Zwetschken (Delaplane, 2000):

Bienenstöcke/ha	Autoren
2,5	McGregor (1976)
2,5-5	Standifer und McGregor (1977)
2,5	Crane und Walker (1984)
5	Mayer <i>et al.</i> (1986)
2,5	Kevan (1988)
2,5	Scott-Dupree <i>et al.</i> (1995)
3,2	Durchschnitt

Die Farbe der Pollenhöschen ist bräunlich. Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Zwiebelsamen (*Allium cepa* L.):

Blütenbiologie (Nektarmaximum)

Der Blütenstand der Zwiebel ist eine ovale Dolde und besteht aus 50-2000 Einzelblüten. (Delaplane, 2000) Bei Blühbeginn öffnen sich nur wenige Blüten täglich; jedoch steigt die Anzahl stetig bis, bei voller Blüte, 50 oder

mehr Röhrenblüten an einem einzigen Tag geöffnet sind. (McGregor, 1976)

Jede dieser Einzelblüten ist 3-4 mm lang und besitzt sechs Staubblätter, unterteilt in zwei Wirtel mit jeweils drei Stück. Des Weiteren verfügt die Blüte über eine dreizellige Samenanlage mit jeweils zwei weiblichen Samenzellen und einen Griffel mit einer dreilappigen Narbe. Die Antheren des inneren Wirtels öffnen sich zuerst und geben Pollen in unregelmäßigen Intervallen ab, gefolgt von den Antheren des äußeren Wirtels. (Delaplane, 2000) Der meiste Pollen wird zwischen 9 Uhr und 17 Uhr des ersten Tages abgegeben. (McGregor, 1976) Die Phase des Pollenabgebens dauert 24-36h und ist abgeschlossen bevor die Narbe aufnahmebereit ist. (Free, 1993; Delaplane, 2000)

Die Nektarien befinden sich an der Basis des inneren Wirtels. (Delaplane, 2000) Der Nektar sammelt sich zwischen dem Ovarium und den inneren Staubblättern. (McGregor, 1976)

Der Griffel wächst weiter während Pollen abgesondert wird und erreicht seine Maximallänge nach Beendigung der Pollenabgabe. Erst dann wird die Narbe aufnahmebereit. Selbstbestäubung ist daher eher unwahrscheinlich; da eine Dolde jedoch eine Vielzahl an Einzelblüten in verschiedenen Entwicklungsstadien haben kann, ist das Auftreten von Selbstbestäubung durchaus möglich. (Delaplane, 2000)

Eine Blüte kann bis zu sechs Tage nach ihrer Öffnung bestäubt werden und es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen Bestäubung am ersten bzw. dritten Tag beobachtet. (Moll, 1954) Mann und Woodbury (1969) stellten jedoch fest, dass die Pollenkeimung nach dem ersten Tag schnell abnahm und, am sechsten Tag, gegen 0% sank. Ein wichtiger Faktor dabei ist das Alter des Pollens. Nye *et al.* (1971) stimmten überein, dass Pollen von einer Blüte, die sich morgens öffnete, 2-3-mal entwicklungsfähiger war als jener von Blüten, welche sich nachmittags öffneten.

Die Nektarien der Zwiebelblüten befinden sich an der Basis der drei inneren Staubblätter. Zwiebelnektar enthält circa 10-mal mehr Kalium als der anderer Pflanzen. Kalium in hohen Konzentrationen kann den Nektar für Honigbienen unattraktiv machen. Honigbienen suchen ausschließlich nach Nektar, jedoch wird ihr Körper währenddessen stark mit Pollen bedeckt. (www.agric.wa.gov.au, 2010) Superphosphat- und Kaliumdünger steigerte den Zuckerwert des Nektars, jedoch nicht die Menge. (Ewert, 1942)

Die Blüten sind für viele Arten von Bienen und Insekten anderer Gattungen wegen ihres Nektar- und Pollenangebots attraktiv. (Lederhouse *et al.*, 1968; Bohart *et al.*, 1970; Jones und Emsweller, 1934; Shaw und Bourne, 1936)

Literaturergebnisse – Bestäubungserfordernisse (Anzahl der Bienenvölker)

Eine Einzelblüte kann sich selbst nicht bestäuben. Der Pollen muss von einer anderen Blüte derselben oder einer weiteren Dolde stammen. Die Zwiebel ist zwar teilweise selbstkompatibel, jedoch ist Fremdbestäubung zwischen Pflanzen mit freiliegenden Blühhöpfen üblich. (Delaplane, 2000)

Fremdbestäubung ist essentiell bei der Produktion von Hybridsamen mit männlich-sterilen Sorten. (Delaplane, 2000) Hierbei wird eine Reihe männlich-fertiler Pflanzen einer gewünschten Linie neben 3 bis 10 Reihen männlich-steriler Pflanzen gesetzt, um diese mit Pollen zu versorgen. (Franklin, 1958) 54,5% markierter Bienen, die bei männlich-sterilen Pflanzen auf Nahrungssuche waren, wurden auf männlich-sterilen Dolden wieder

eingefangen und 57,6% markierter Bienen, die bei männlich-fertilen Pflanzen auf Nahrungssuche waren, wurden auf männlich-fertilen Dolden wieder eingefangen, was darauf schließen lässt, dass eine hohe Fremdbestäubung anzunehmen ist und die Bienen während der Nahrungssuche zwischen männlich-sterilen und männlich-fertilen Pflanzen unterscheiden. (www.agric.wa.gov.au, 2010) Männlich-fertile Pflanzen sind für Bienen attraktiver, da sie mehr Nahrung bieten. (Gary *et al.*, 1977)

Der Pollen der männlichen Pflanze muss auf die weibliche übertragen werden, die wiederum den gewünschten Samen produziert. Die Anzahl der männlichen Pflanzen wird auf ein Minimum reduziert, da sie nicht den gewünschten Samen liefern, und müssen vor der Ernte entfernt werden, um eine Kontaminierung des Hybridsamens zu vermeiden. (Delaplane, 2000)

Laut Erickson und Gabelman (1956) hat Wind keine signifikanten Auswirkungen auf die Bestäubung der Pflanze. Jedoch zeigen Untersuchungen der „Arbeitsgruppe Bestäubung des nationalen Instituts für landwirtschaftliche Forschung“ (2000) andere Ergebnisse. Sie untersuchten die Bestäubungsleistung von Flug-Pollen bei der Zwiebel, einer insektenblütigen Pflanze, deren Blüten in kugeligen Dolden stehen und über freiliegende, trockene Stempel verfügen. In einer windigen Region wurden auf einer 1,1ha großen Fläche für die Produktion von Hybrid-Samen 12 Reihen männlich-steriler Pflanzen abwechselnd mit 4 Reihen männlich-fertiler Pflanzen gepflanzt. Eine Gruppe von 240 männlich-sterilen Dolden wurde kurz vor dem Öffnen der Staubbeutel markiert. Eine Hälfte davon blieb offen, bei der anderen Hälfte wurde durch eine Einhüllung in Tüll mit einer Maschenweite von 0,7mm² der Insektenbesuch ausgeschlossen. Der Einfluss dieser Tüllbeutel auf den Pollenflug wurde über Cour Pollen-Filter abgeschätzt, indem jeweils Paare dieser Filter, einer im Freien, der andere unmittelbar daneben unter Tüllstoff, ausgebracht wurden. Insgesamt wurden 7 solcher Paare während einer Woche, in der die Zwiebelpflanzen blühten, auf einer Windfahne, die sich in der Mitte der männlich-sterilen Reihen und auf der Höhe der Blühhöpfe befand, eingesetzt. Alle markierten Dolden wurden, als sie reif waren, geerntet und die Blüten sowie die Samenkörner ausgezählt. Der Tüllstoff lässt 75% des Flug-Pollens passieren und das Spektrum der Pollen-Arten wurde durch den Stoff nicht beeinflusst. Die eingehüllten männlich-sterilen Dolden produzierten im Durchschnitt 0,16 Samen pro Blüte, während die frei stehenden 1,95 Samen pro Blüte produzierten. Berücksichtigt man die 25%ige Reduktion des Pollenflugs unter dem Tüllstoff, so ist der Flug-Pollen für eine durchschnittliche Produktion von 0,21 Samen/Blüte verantwortlich. Damit beträgt der Anteil des Flug-Pollens an der Samenproduktion von offen bestäubten Blüten 11%, während die übrigen 89% auf die Bestäubung von Insekten zurückzuführen ist. Die Bestäubungsleistung des Flug-Pollens ist somit nicht vernachlässigbar und sollte bei Untersuchungen zu pollenbedingtem Gen-Transfer bei insektenblütigen Pflanzen in Betracht gezogen werden.

Honigbienen haben sich als adäquate Bestäuber erwiesen, da sowohl Nektar als auch Pollen produziert wird. Es treten jedoch Probleme bei der Produktion von Hybridsamen auf, da pollensammelnde Bienen dazu neigen, die männlich-sterilen (weiblichen) Pflanzen nicht anzufliegen und es daher auch zu keiner Fremdbestäubung kommt. (Delaplane, 2000) Nur nektarsammelnde Bienen bewegen sich von männlich-sterilen zu männlich-fertilen Pflanzen und vollziehen den notwendigen Pollentransfer, der bei der Hybridsamenproduktion entscheidend ist. Pollensammelnde Bienen beschränken ihre Aktivitäten auf die pollenproduzierenden Reihen, ohne die männlich-sterilen Reihen adäquat zu bestäuben. (Lederhouse *et al.*, 1972)

Der Zwiebelsamenertrag, speziell bei Hybridsamen, hängt stark von der Bestäuberleistung ab. Jedoch ist die Zwiebel für Bienen nicht übermäßig attraktiv und wird häufig zu Gunsten reichhaltigerer Nahrungsquellen ignoriert. (Gary *et al.*, 1972) Nicht ausreichende Bestäubung der Pflanzen ist oft der limitierende Faktor in der Produktion von Zwiebelsamen. (Waller, 1983) Franklin (1970) weist darauf hin, dass das Platziere von zusätzlichen Kolonien eine erhöhte Bienenaktivität am Zwiebelfeld nicht garantiert.

Bei einem Experiment in Ägypten mit offenen und gekäfigten Zwiebeldolden (*Allium cepa*) cv. Giza 6 Improved waren Honigbienen der Hauptbestäuber. Durch Bienenbeflug ergab sich eine außerordentlich signifikante Steigerung des Prozentsatzes an Samenbildung, des Gewichts der Samen pro Dolde und des Samenertrags pro Pflanze. Die Rate an Samenkeimung war ebenfalls höher. (Ewies und El-Sahhar, 1977)

Mit Bienen gekäfigte Blühköpfe zeigten eine Samenproduktion von 210 Samen pro Kopf; Blühköpfe, die ohne Bienen gekäfigt wurden, kamen auf 2 Samen und nicht gekäfigte auf 669 Samen pro Kopf. (Woyke, 1981) In Indien zeigte sich ebenfalls eine gesteigerte Samenproduktion und Keimfähigkeit der Samen bei mit Bienen gekäfigten Blühköpfen gegenüber ohne Bienen gekäfigten und freiliegenden Blühköpfen (90% Samenproduktion, gegenüber 61 bzw. 72%; 275 kg/ha Ertrag gegenüber 73 bzw. 97 kg/ha.). (Kumar *et al.*, 1989) Honigbienen erhöhten die Zwiebelproduktion in Rumänien um das 8 bis 10fache. (Sanduleac, 1961)

Bei zwei Kultursorten in Indien konnte der Schnitt von 6,7 g und 3,0 g Samen/Pflanze durch Bienenvölker der *Apis cerana* auf 12,4 g bzw. 18,0 g Samen/Pflanze erhöht werden. (Rao und Suryanarayana, 1989)

Bei einem 3,2 ha großen Zwiebelfeld mit 30 Bienenstöcken an jedem Ende und weiteren 8 Bienenstöcken in der Mitte einer Seitenlänge waren morgens geschätzte 16 598 Bienen pro Hektar und nachmittags ungefähr 19 436 Bienen pro Hektar unterwegs. Von den 68 Bienenstöcken, die um das Feld verteilt waren, wird geschätzt, dass sich 1000 Bienen von jeder Kolonie auf dem Bestand auf Nahrungssuche befanden. Demnach waren lediglich geschätzte 5% bis 10% der nahrungssuchenden Bienen auf dem Zwiebelfeld. (Gary *et al.*, 1977)

LEISTUNG DER HONIGBIENE (Quelle: www.agric.wa.gov.au, 2010):

-) Honigbienen werden in der Glashaushausproduktion verwendet.
-) Die Entwicklung von männlich-sterilen Linien und die Ausnützung von Hybriden machten Fremdbestäubung essentiell für die Samenproduktion.
-) Der Samenertrag männlich-steriler Linien sank mit steigender Distanz zu den männlich-fertilen Linien.

Zusammenfassung der Literatur betreffend Bieneneinfluss auf Zwiebeln:

AUTOR JAHR	ERTRAGS-AUSWIRKUNGEN	WEITERE AUSWIRKUNGEN
WOYKE (1981)	2 Samen/Blühkopf (Käfig ohne Bienen) 210 Samen/Blühkopf (Käfig mit Bienen) 669 Samen/Blühkopf (frei abblühend)	
KUMAR <i>et al.</i> (1989)	73 kg/ha Ertrag (Käfig ohne Bienen) → 97 kg/ha Ertrag (offene Flächen) → 275 kg/ha Ertrag (Käfig mit Bienen) →	61% Samenproduktion 72% Samenproduktion 90% Samenproduktion
RAO und SURYANARAYANA (1989)	6,7g bzw. 3,0g Samen/Pflanze durch <i>Apis cerana</i> auf 12,4g bzw. 18,0g Samen/Pflanze erhöht	
SANDULEAC (1961)	8-10fach erhöhte Zwiebelproduktion	

Empfohlene Bienendichte:

Empfohlene Bienendichte für Zwiebelsamen (Delaplane, 2000):

Bienenstöcke/ha	Autoren
5-37	McGregor (1976)
7,4-10	Levin (1986)
10-29,6	Mayer <i>et al.</i> (1993)
16,5	Durchschnitt

Das Pollenbild ist ersichtlich unter www.ages.at in der Pollendatenbank.

Literaturnachweis:

AALDERS, L.E. und HALL, I.V. (1961). Pollen incompatibility and fruit set in lowbush blueberries. *Canad. Jour. Genet. and Cytol.* 3, 300-307.

ADHIKARI, K.N. und CAMPBELL, C.G. (1998a) Natural outcrossing in common buckwheat. *Euphytica***102**, 233-237.

ADHIKARI, K.N. und CAMPBELL, C.G. (1998b) In vitro germination and viability of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) pollen. *Euphytica***102**(1), 87-92.

AGES, PONET – Pollendatenbank, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit; Institut für Bienenkunde, abgerufen von der Homepage: www.ages.at, 2006

AHMED, H.M.H., SIDDIG, M.A. und EL-SARRAG, M.S.A. (1989). Honeybee pollination of some cultivated crops in Sudan. *Proceedings 4th International Conference on Apiculture in Tropical Climates, Cairo, 1988*. 100-108. London: International Bee Research Association.

AICHER, L.C. (1917). The production of alfalfa seed in Southern Idaho. *Idaho Agr. Expt. Sta. Bul.* 101, s. 20.

AKERBERG E. und STAPEL C. (1966). A survey of pollination and seed growing of red clover in Europe. *Proc. 2nd Intern. Symp. On Pollination London 1964, - Suppl. Bee World* 47, 15 – 42.

- AKERBERG, E., STAPEL, S. und STAPEL, C. (1966). A survey of pollination and seed growing of red clover in Europe. In *Internatl. Symposium on Pollination, London, 1964. Bee World* 47, 15-42.
- ALAM, M.Z., QUADIR, M.A. und ALI, M.S. (1987). Effect of bee pollination on seed production of carrots, *Daucus carota* L. *Bangladesh J. Bot.* 16, 199-201.
- ALAUX, C., BRUNET, J.-L., DUSSAUBAT, C., MONDET, F., TCHAMITCHAN, S., COUSIN, M., BRILLARD, J., BALDY, A., BELZUNCES, L.P. und LE CONTE, Y. (2009). Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environmental Microbiology*.
- ALEX, A.H. (1957a). Honeybees aid pollination of cucumbers and cantaloupes. *Gleanings in Bee Culture* 85, 398-400.
- ALEX, A.H. (1957b). Pollination of some oilseed crops by honeybees. *Progr. Rep. Texas Agric. Exp. Stn. No.* 1960.
- ALEX, A.H. (1959). Honeybees for pollinating cucurbit crops. *Tex. Briefs* 2 (4), 18-20.
- ALEX, A.H., THOMAS, F.L. und WARNE, B. (1952). Importance of bees in sweet-clover seed production. *Texas Agricultural Experimental Station Progress Report* 1458.
- ALLEN, F.W. (1929). Plum growing in California. *Calif. Agr. Ext. Serv. Cir.* 34, s. 65.
- ALLEN, W.W. und GAEDE, S.E. (1963). Strawberry pollination. *Jour. Econ. Ent.* 56, 823-825.
- ALLES, P.T. (1977). Effect of intra- and intervarietal pollination on the quality and yield of fiber flax seed. In MEL'NICHENKO, A.N. (ed.). *Pollination of Agricultural Crops by Bees*, VOL. III, s. 223-229. *Neu-Delhi, Indien; Amerind*.
- ALPATOV, V.V. (1946). [Intraspecific differences of the honey bee in plant pollination.] *Bul. Soc. Nat. Moscow, S. Biologique*, T. 51 (3), 54-62. [In Russisch.]
- ALPATOV, V.V. (1948). Bee races and red clover pollination. *Bee World* 29 (8), 61-63.
- AMARAL, E. und MITIDIER, I.J. (1966). [Pollination of squash.] *Anais, da Escola Superior de Agricultura. „Luiz de Queriroz“ Sao Paulo Univ., Piracicaba, Brazil*, 23, 121-128. [In Portugiesisch, englische Zusammenfassung.]
- AMARAL, E., MITIDIER, I.J. und VENCOSKY, R. (1963). [Studies on the activities of *Apis mellifera* L. while visiting the flowers of *Cucumis sativus* L.] *Olericultura [Brasilien]* 3, 181-193. [In Portugiesisch, englische Zusammenfassung.]

- AMBROSE, J.T. (1990). Apple pollination. In: N.C. *Apple Production Manual*. North Carolina Agricultural Extension Service, AG-415.
- AMOS, J.M. (1950). Produce more crimson clover seed with honeybees. *Tenn. Mkt. Bul.* 22 (11), 6-7.
- AMOS, J.M. (1951). The effect of honeybees on the pollination of crimson clover. *Amer. Bee Jour.* 91, 331-333.
- ANDERSON, E.J. und WOOD, M. (1944). Honeybees and red clover pollination. *American Bee Journal* 84, 156-157.
- ANONYMOUS. (1959). Production and production requirements of crops – high plains. *Tex. Agr. Expt. Sta. Misc. Pub.* 330, s. 21.
- ANTONELLI, A.L., MAYER, D.F., BURGETT, D.M. und SJULIN, T. (1988). Pollinating insects and strawberry yields in the Pacific Northwest. *Am. Bee J.* 128, 618-620.
- APICULTURA (1968). [Apicultural characterisation of the most widespread (Rumanian) bee plants.] *Apicultura, București* 21 (9), 13-16; (10), 9-12; (11), 9-11; (12), 14-15. [In Rumänisch.]
- ARAS, P., DEOLIVEIRA, D. und SAVOIE, L. (1996) Effect of a honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) gradient on the pollination and yield of lowbush blueberry. *Journal of Economic Entomology* **89**(5), 1080-1083.
- ARBEITSGRUPPE BESTÄUBUNG DES NATIONALEN INSTITUTS FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE FORSCHUNG (INRA, Frankreich), Tagung in Paris, 19.-20. Oktober 2000. *Apidologie* 32 (2001) 175-191. *INRA/DIB – AGIB/EDP Sciences, 2001.*
- ARCHIMOWITSCH, A. (1949). Control of Pollination in Sugar-Beet. *Bot. Rev.* 15, 613-628.
- ARMSTRONG, J.M. und WHITE, W.J. (1935). Factors influencing seed-setting in alfalfa. *Jour. Agr. Sci.* 30, 161-179.
- ARTSCHWAGER, E. (1927). Development of flowers and seed in the sugar beet. *J. Agric. Res.* 34, 1-25.
- ARYA, D.R., SIHAG, R.C. und YADAV, P.R. (1994) Diversity, abundance and foraging activity of insect pollinators of sunflower (*Helianthus annuus* L.) at Hisar (India). *Indian Bee Journal* **56**(3/4).
- ATKINSON, J. (1974) Buckwheat. *Canadian Bee Journal* **85**, (keine Seitenangabe).
- ATWAL, A.S. (1970). Biology, ecology and utilization of insects other than honeybees in the pollination of crops. *Final Res. Rpt. (1965-70) of P.L. 480 project executed at Punjab Agr. Univ., Ludhiana (India)*, s. 115.

- ATWOOD, S.S. (1943). "Natural crossing" of white clover by bees. *Amer. Soc. Agron. Jour.* 35, 862-870.
- AUDERGON, J.M., DUFFILLOL, J.M., PINET, C. und BLANC, P. (1999). Pollination of three main apricot cultivars in France. *Proceedings of the 11th symposium on apricot culture. Acta Hort* 488, 327-329.
- AUSTIN, P.T., HEWETT, E.W., NOITON, D.A. und PLUMMER, J.A. (www.agric.wa.gov.au, 2010). Cross-pollination of Sundrop apricot (*Prunus armeniaca* L.) by honey bees. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 24 (3), 287-294.
- BACKHOUSE, W. [O.] (1912). The pollination of fruit trees. *Gard. Chron.* 1352, 381.
- BAILEY, J.S. (1937). The pollination of the cultivated blueberry. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 35, 71-72.
- BAILEY, L.H. und LODEMAN, E.G. (1895) Inforcing house miscellanies. *N.Y. (Cornell) Agr. Expt. Sta. Bul.* 96, s. 327-328.
- BANDA, H.J. und PAXTON, R.J. (1991). Polliantion of greenhouse tomatoes by bees. *Acta Horticulturae* 288, 194-198.
- BARBIER, E. und NADIR, M. (1976). Pollinisation du carthame (*Carthamus tinctorius*), ses effets sur la formation et la germination des semences. *Apidologie* 7, 85-104.
- BARCLAY, J.S. und MOFFETT, J.O. (1984). The pollination value of honey bees to wildlife. *American Bee Journal* 124, 497-498.
- BARRONS, K.C. (1939). Natural crossing in beans at different degrees of isolation. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 36, 637-640.
- BARSKII, Ya. S. (1956). Training bees to pollinate grape vines. *Sad Ogorod* 4, 64.
- BASWAWA, K.S. (1984). Role of insect pollination on seed production in coriander and fennel. *South Indian Hort.* 32, 117-118.
- BATJER, L.P., SCHOMER, H.A., NEWCOMER, E.J. und COYIER, D.L. (1967). Commercial pear growing. *U.S. Dept. Agr., Agr. Handb.* 330, s. 47.
- BATRA, S.W.T. (1982). The hornfaced bee for efficient pollination of small farm orchards. *US Department of Agriculture, A.R.S. Miscellaneous Publication* 1422.
- BATRA, S.W.T. (1989). Japanese hornfaced bees, gentle and efficient new pollinators. *Pomona* 22, 3-5.

- BATTAGLINI, M.B. (1968). Importanza delle api nella fruttificazioni di “*Cucurbita pepo*” L. *Apic. Ital.* 35, 9-12.
- BATTAGLINI, M.B. (1969). [The importance of honeybees for fertilizing *Cucurbita pepo*.] *Apicolt.* 35 (1), 9-12. [In Italienisch.] AA-585/69.
- BEARD, D.F., DUNHAM, W.E. und REESE, C.A. (1948). Honeybees increase clover and seed production. *Ohio Agricultural Experimental Station Bulletin* 258.
- BECKER, J. – DILLINGEN (1929). Handbuch des Hülsenfruchtbaues und Futterbaues. *Auf praktisch-wissenschaftlicher Grundlage unter besonderer Berücksichtigung der Pflanzenzüchtung, Berlin.*
- BECKER, K. und JOHN, S. (2000). Farbatlas – Nutzpflanzen in Mitteleuropa. *Stuttgart 2000.*
- BECKHAM, C.M. und GIRARDEAU, J.H. (1954a). A progress report on a study of honeybees as pollinators of crimson clover. *Mimeograph Georgia Agricultural Experimental Station* 70.
- BECKHAM, C.M. und GIRARDEAU, J.H. jr. (1954b). A study of honeybees as pollinators of crimson clover. *Assoc. South. Agr. Workers Proc. 51st Ann. Conv.*, s. 95.
- BECKMAN, W. und TANNENBAUM, L. (1939). Insects pollinating cultivated blueberries. *Amer. Bee Jour.* 79, 436-437.
- BECKWITH, C.S. (1931). Blueberry pollination. *N.J. Agr. Expt. Sta. Ann. Rep.*: 174.
- BELT, T. (1876). Bees and clover. *Nature* 13, 26.
- BENEDEK, P. und NYEKI, J. (1995a) Fruit set of selected self-sterile and self-fruitful fruit cultivars as affected by the duration of insect pollination. *Proceedings 2nd International workshop on pollination. Acta Hort*423, [Similar to paper in *Hort. Science* (1995) 27(3/4): 34-37].
- BENEDEK, P. und NYEKI, J. (1996a) Studies on the bee pollination of peach and nectarine. *Proceedings of the third international peach symposium, Beijing, China, 6-10 September 1993, Acta Horticulturae*374, 169-17.
- BENNER, B. (1963). Fruit and vegetable facts and pointers: peaches. *United Fresh Fruit and Vegetable Association, 3rd review*, Washington DC.
- BENOIT, P., GILLARD, A. und BRANDE, J. Van Den. (1948). [Contributions to the study of the fertilization of red clover in relation to seed production.] *Med. Lantbr. Högsk. Gent* 13, 297-346. [In Schwedisch, englische Zusammenfassung.]

- BENTON, F. (1896). The honey bee – A manual of instruction in apiculture. *U.S. Dept. Agr. Div. Ent. Bul.* 1, n.s., rev. s. 118.
- BERG, J. (1991). Honey bee pollination of alfalfa. Washington State University Cooperative Extension WREP 12.
- BEZDENEZHNYKH, S.M. (1956). [Pollination of fiber flax and training of bees.] s. 21-24. *In* Pollination of Agricultural Plants *ed.* IV, KRISCHUNAS; AF GUBIN *Moskva, Ges. Izd-vo. Selkhoz lit-ry.* [In Russisch.]
- BIGRAS-HUOT, F., HUOT, L. und JOBIN, L.J. (1972). La pollinisation du bleuets au Lac St-Jean. I. Role de l'abeille domestique, *Apis mellifera* L. *Annales de la Société Entomologique de Québec* 17, 138-169.
- BIRD, J.N. (1944). Seed setting in red clover. *Amer. Soc. Agron. Jour.* 36, 346-357.
- BITKOLOV, R. (1961) Sunflower and bees. *Pchelovodstvo* 38(5), 20-21.
- BLAKE, G.H. (1955). Crimson clover pollination by honey bees. *Assoc. South. Agr. Workers Proc.* 52nd Ann. Conv., s. 102.
- BLAKE, G.H. (1958). The influence of honey bees on the production of crimson clover seed. *Journal of Economic Entomology* 51, 523-527.
- BLASSE, W. (1981). Erdbeerproduktion und Bieneneinsatz. *Gartenbau* 28, 337-338.
- BLASSE, W. und HOFMANN, S. (1988). Befruchtungsbiologische Untersuchungen an Sorten von *Ribes rubrum* L. und *Ribes nigrum* L. *Archiv für Gartenbau* 36, 437-448.
- BLICKENSTAFF, C.C. und HUGGANS, L.J. (1962). Soybean insects and related arthropods in Missouri. *Mo. Agr. Expt. Sta. Bul.* 803, s. 51.
- BOCH, R. (1961). Honeybee activity on safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Can. J. Pl. Sci.* 41, 559-562.
- BOHART, G.E. (1947). Wild bees in relation to alfalfa pollination. *Utah Farm and Home Sci.* 8, 13-14.
- BOHART, G.E. (1950). The alkali bee, *Nomia melanderi* Ckll., a native pollinator of alfalfa. In 12th *Alfalfa Impr. Conf. Rpt.*, s. 32-35. *Lethbridge, Alberta, Canada.*
- BOHART, G.E. (1952). Pollination by native insects. *U.S. Dept. Agr. Yearbook 1952*, 107-121.
- BOHART, G.E. (1957) Pollination of alfalfa and red clover. *Annual Reviews of Entomology* 2, 355-380.

- BOHART, G.E. (1958a). Transfer and establishment of the alkali bee. In *16th Alfalfa Impr. Conf. Rpt.*, s. 94-98. *Ithaca, New York.*
- BOHART, G.E. (1958b) Alfalfa pollinators with special reference to species other than honey bees. *Proc. 10th Int. Congr. Ent., Montreal (1956)* 4, 929-937.
- BOHART, G.E. (1960). Insect pollination of forage legumes. *Bee World* 41 (3), 57-64; (4), 85-97.
- BOHART, G.E. (1962b). How to manage the leaf-cutting bee for alfalfa pollination. *Utah Agr. Expt. Sta. Cir.* 144, s. 7.
- BOHART, G.E. (1967). Management of wild bees. In *Beekeeping in the United States, U.S. Dept. Agr., Agr. Handb.* 335, s. 108-118.
- BOHART, G.E. (1970). Commercial production and management of wild bees – a new entomological industry. *Ent. Soc. Amer. Bul.* 16, 8-9.
- BOHART, G.E., NYE, W.P. und HAWTHORN, L.R. (1970). Onion pollination as affected by different levels of pollinator activity. *Utah Agr. Expt. Sta. Bul.* 482, s. 60.
- BOHART, G.E., NYE, W.P. und LEVIN, M.D. (1955). Pollination. In *Growing Alfalfa for Seed, Utah Agr. Expt. Sta. Cir.* 135, s. 42-59.
- BOLCHI SERINI, G. und GALIMBERTI, P. (1988). *Apis mellifera* L. nell' agroecosistema vigneto. *Atti XV Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, L'Aquila*, 13-17 Guigno 1988, 579-586.
- BOLLER, C.A. (1953). Pollination of stone fruits. *Oreg. State Hort. Soc. Proc.* 45, 122-125.
- BOLLER, C.A. (1956). Growing blueberries in Oregon. *Oreg. Agr. Expt. Sta. Bul.* 499, s. 20.
- BOLTON, J.L. (1962). Alfalfa: Botany, Cultivation and Utilization. *London: Leonard Hill.*
- BOND, D.A. und FYFE, J.L. (1968). Corolla tube length and nectar height of F1 red clover plants. *Jour. Agr. Sci. (Cambridge)* 70 (Teil 1), 5-10.
- BORNECK, R. und MERLE, B. (1989). Trial to evaluate the economic incidence of the pollinating honeybee in the European agriculture. *Apiacta* 24, 33-38.
- BORTHWICK, H.A. (1931). Carrot seed germination. *Amer. Hort. Sci. Soc. Proc.* 28, 310-314.

- BORTHWICK, H.A. und EMSWELLER, S.L. (1933). Carrot breeding experiments. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 30, 531-533.
- BOULANGER, L.W. (1966). Blueberry pollination in Maine. In *North Amer. Blueberry Workers' Conf. Proc., Apr. 6-7. Maine Agr. Expt. Sta. Misc. Rpt.* 118, 34-36.
- BOWERS, M.A. (1986). Resource availability and timing of reproduction in bumble bee colonies (Hymenoptera: Apidae). *Environmental Entomology* 15, 750-755.
- BRANTJES, N.B.M. (1978). Pollinator attraction of *Vitis vinifera* subsp. *silvestries*. *Vitis* 17, 229-233.
- BRASCH, A. (1997). Einsatzmöglichkeit der Honigbiene zur Bestäubung von Tomaten in Folientunnel. *Universität für Bodenkultur, Wien, Diplomarbeit.*
- BRAUN, E., MacVICAR, R.M., GIBSON, D.R., PANKIW, P. und andere. (1953). Studies in red clover seed production. Part II. *Canad. Jour. Agr. Sci.* 33, 437-447.
- BRENNER, B. (1963). Fruit and vegetable facts and pointers: Peaches. *United Fresh Fruit and Vegetable Assoc., Washington, D.C., 3rd rev. and expanded ed.*, s. 11.
- BREWER, J.W. (1970). Factors affecting fertilization of blue-berry blossoms. In *The Indispensable Pollinators, Ark. Agr. Ext. Serv. Misc. Pub.* 127, s. 163-170.
- BREWER, J.W. und DOBSON, R.C. (1969a). Varietal attractiveness of blueberry blossoms to honey bees. *Amer. Bee Jour.* 109, 422-425.
- BREWER, J.W. und DOBSON, R.C. (1969b). Seed count and berry size in relation to pollinator level and harvest date for the highbush blueberry, *Vaccinium corymbosum*. *Jour. Econ. Ent.* 62, 1353-1356.
- BREWER, J.W., DOBSON, R.C. und NELSON, J.W. (1969b). Effects of increased pollinator levels on production of the highbush blueberry, *Vaccinium corymbosum*. *Jour. Econ. Ent.* 62, 815-818.
- BRIM, C.A. und YOUNG, M.F. (1971) Inheritance of male-sterile character in soybeans. *Crop Sci.* 11, 564-566.
- BRINK, R.A. (1934). Self-incompability in yellow sweet clover (*Melilotus officinalis*). *Amer. Soc. Agron. Jour.* 26, 307-312.
- BRINK, R.A. und COOPER, D.C. (1936). The mechanism of pollination in alfalfa (*Medicago sativa*). *Amer. Jour. Bot.* 23, 678-683.
- BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD (1994). *Tree Fruit Production Guide for Commercial Growers in Interior Districts*. Victoria, British Columbia.

- BRITTAIN, W.H. (1933). Apple pollination studies in the Annapolis Valley; N.S., Canada, 1928-1932. *Canada Dept. Agr. Bul.* 162, n.s., s. 198.
- BRITTAIN, W.H. (1935). Studies in bee activity during apple bloom. *Jour. Econ. Ent.* 28, 553-559.
- BROOKS, S.J. und LYRENE, P.M. (1998) Level of self- and cross-fertility of derivatives of *Vaccinium arboreum* x *Vaccinium* section cyanococcus hybrids. *Hortscience* 33(6), 1066-1068.
- BROWN, A.G. (1951). Factors affecting fruit production in plums. *Fruit Yearbook* 1950 (4), 12-18.
- BROWN, G.G. und CHILDS, L. (1929). Pollination studies of the Anjou pear in the hood river valley. *Oreg. Agr. Expt. Sta. Bul.* 239, s. 15.
- BUCHANAN, R.E. (1903). Contribution to our knowledge of the development of *Prunus Americana*. *Iowa Acad. Sci. Proc.* 77-93.
- BUKHAREVA, G.A. (1960). [Trace elements and red clover.] *Pchelovodstvo* 37 (3), 15-17. [In Russisch.] AA-137/63.
- BUKHAREVA, G.A. (1964). [Effect of trace elements used in pre-sowing treatment, and of foliar fertilizers, on nectar secretion in some agricultural crops.] *Trud. Nauch-Issled. Inst. Pchelovodstvo* 140-194. [In Russisch, englische Zusammenfassung.] AA-769/65.
- BULATOVIC, S. und KONSTANTINOVIC, B. (1962). The role of bees in the pollination of the more important kinds of fruit in Serbia. In *1st Internatl. Symposium on Pollination Proc., Kopenhagen, Aug. 1960. Commun.* 7, *Swedish Seed Growers' Assn.*, s. 167-172.
- BURGSTALLER, H. (1988). Untersuchungen zur Ertragsverbesserung und zum Honigertrag durch die Bestäubungsaktivität der Honigbiene bei Winterraps und Sonnenblume. *Wien, Mai 1988*.
- BURLEY, D.A. (2010). The Effects of Pesticide-Contaminated Pollen on Larval Development of the Honey Bee, *Apis mellifera*. *Evergreen State College, Juni 2010*.
- BURRELL, A.B. und MacDANIELS, L.H. (1931). Further pollination studies with the McIntosh Apple in the Champlain valley of New York. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* (1930), 374-385.
- BUSBICE, T.H. und WILSIE, C.P. (1966). Heritability of "ease of tripping" in alfalfa and its possible relation to seed setting. *Crop Sci.* 6, 377.
- BUTLER, G.D.jr., WERNER, F.G. und LEVIN, M.D. (1966). Native bees associated with safflower in south central Arizona. *J. Kansas Ent. Soc.* 39, 434-436.

- CALMSUR (1999) Pollinator bees (*Hymenoptera, Apoidea*) on sunflower (*Helianthus annuus* L.) and their effects on seed setting in the Erzurum region[Turkey]. *Turkish Journal of Biology* **23**, 73-89.
- CALZONI, G.L. und SPERANZA, A. (1998). Insect controlled pollination in Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.). *Scientia Horticulturae* 72, 227-237.
- CANADIAN DEPARTMENT OF AGRICULTURE (1961). Effects of honey bees on cucumber production. *Charlottetown Experimental Farm Research Report 1958-1961*, s. 17.
- CANE, J. (1993). Strategies for more consistent abundance in blueberry pollinators. In: *Proceeding of the Southeast Blueberry Conference*, Tifton, Georgia.
- CANOMEDRANO, R. und DARNELL, R.L. (1998) Effect of GA(3) and pollination on fruit set and development in rabbiteye blueberry. *Hortscience* **33**(4), 632-635.
- CARLSON, J.W. (1928). Seasonal behavior of alfalfa flowers as related to seed production. *Amer. Soc. Agron. Jour.* 20, 542-556.
- CARLSON, J.W. (1930). Artificial tripping of flowers in alfalfa in relation to seed production. *Amer. Soc. Agron. Jour.* 22, 780-786.
- CASILDA, A., MUNOZ, F. und GOMEZ, P. (1994). Pollination of Japanese plum. *Vida Apicola* 65, 30-37.
- CAVINESS, C.E. (1970). Cross-pollination in the soybean. In *The Indispensable Pollinators. 9th Pollination Conference Report Arkansas Agricultural Experimental Station Miscellaneous Publication*, 33-36.
- CEROVIC, R., MICIC, N., DURIC, G. und JEVTIC, S. (1998a) Modelling pollen tube growth and ovule viability in sour cherry. *Proceedings of the 3rd International Cherry Symposium. Acta Hort* **468**, 621-627.
- CEROVIC, R., MICIC, N., DJURIC, G. und NIKOLIC, M. (1998b) Determination of pollen viability in sweet cherry. *Proceedings of the 3rd International Cherry Symposium. Acta Hort* **468**, 559-563.
- CERVANCIA, C.R. und BERGONIA, E.A. (1991). Insect pollination of cucumber (*Cucumis sativus* L.) in the Philippines. *Institute of Biological Sciences, University of the Philippines at Los Banos. Department of Entomology*.
- CHAGNON, M., GINGRAS, J. und DE OLIVEIRA, D. (1991). Honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) foraging behavior and raspberry pollination. *Journal of Economic Entomology* 84, 457-460.
- CHAN, B.G. und CAIN, J.C. (1967). The effect of seed formation on subsequent flowering in the apple. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 91, 63-68.

- CHANDLER, F.B. und MASON, I.C. (1935). Blueberry pollination. *Maine Agr. Expt. Sta. Bul.* 380, 215-216.
- CHANDLER, W.H. (1951). Deciduous orchards. s. 436, *Lea and Feibiger, Philadelphia.*
- CHRISTOPHER, E.P. (1958). *Introductory Horticulture.* New York: McGraw-Hill.
- CIRNU, I. (1980). Flora mellifera. *Bukarest, Rumänien. Editura Ceres.* [In Rumänisch.]
- CIRNU, I., FOTA, G. und GROSU, E. (1978). Rezultate privind polenizarea cu ajutorul albinelor a culturilor de capsuni (*fragaria* sp.) in solarii. *Apicultura in Romania* 53, 12-14.
- CLAASSEN, C.E. (1950). Natural and controlled crossing in safflower, *Carthamus tinctorius* L. *Agron. J.* 42, 381-384.
- CLOSE, C.P. (1903). Report of the Horticulturist. In *14th Ann. Rpt. Del. Agr. Expt. Sta. for year ending June 1902:* 89-108.
- COCKERELL, T.D.A. (1899). Some insect pests of the salt river valley and remedies for them. *Ariz. Agr. Expt. Sta. Bul.* 32, 273-295.
- COE, H.S. und MARTIN, J.R. (1920). Sweetclover seed. *U.S. Dept. Agr. Bul.* 844, s. 39.
- COFFMAN, F.A. (1922). Pollination of alfalfa. *Bot. Gaz.* 74, 197-203.
- COLBERT, S. und DE OLIVEIRA, D. (1990). Influence of pollen variety on raspberry (*Rubus idaeus* L.) development. *Journal of Heredity* 81, 434-437.
- CONNERS, C.H. (1922b). Fruit setting of the J.H. Hale Peach. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc. 19th Ann. Mtg. Proc.,* 147-151.
- CONNERS, C.H. (1926). Sterility in peaches. *Hort. Soc. N.Y. Mem.* 3, 215-221.
- CONNOR, L.J. (1969). Honey bee pollination requirements of hybrid cucumbers. *Cucumis sativus* L. MS thesis, Michigan State University.
- CONNOR, L.J. (1970). Studies of strawberry pollination in Michigan. *Report of the 9th Pollination Conference* 157-162.
- CONNOR, L.J. und MARTIN, E.C. (1969a). Honey bee pollination of cucumbers. *Amer. Bee Jour.* 109, 389.
- CONNOR, L.J. und MARTIN, E.C. (1969b). Honey bee pollination of cucumbers. *Pickle Pak* 29, 3.

- CONNOR, L.J. und MARTIN, E.C. (1970). The effect of delayed pollination on yield of cucumbers grown for machine harvest. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 95, 456-458.
- CONNOR, L.J. und MARTIN, E.C. (1971). Staminate: pistillate flower ratio best suited to the production of gynoecious hybrid cucumbers for machine harvest. *HortScience* 6, 337-339.
- CONNOR, L.J. und MARTIN, E.C. (1973). Components of pollination of commercial strawberries in Michigan. *HortScience* 8, 304-306.
- COOTE, G. (1895). Fruits and vegetables. *Oreg. Agr. Expt. Sta. Bul.* 34, 17-32.
- CORNER, J., LAPINS, K.O. und ARRAND, J.C. (1964). Orchard and honey bee management in planned tree fruit pollination. *Brit. Columbia Dept. Agr. Apiary Cir.* 14, s. 18.
- COUSTON, R. (1963). The influence of insect pollination on raspberries. *Scott. Beekeep., Glasg.* 40, 196-197.
- COUSTON, R. (1966). Experiments on the influence of insect pollination on soft fruits. *Scot. Beekeeper* 43 (3), 39-40; (5), 90-92.
- COVILLE, F.V. (1910). Experiments in blueberry culture. *U.S. Dept. Agr. Bur. Plant Indus. Bul.* 193, s. 100.
- COVILLE, F.V. (1921). Directions for blueberry culture. *U.S. Dept. Agr. Bul.* 974, s. 24.
- CRANDALL, C.S. (1920). An Experience in self-fertilization of the peach. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 17, 33-37.
- CRANE, E. (1973). Honey sources in some tropical and subtropical countries. *Bee World* 54, 177-186.
- CRANE, E. und WALKER, P. (1984). *Pollination Directory for World Crops*. International Bee Research association, London.
- CRIBB, D.M., HAND, D.W. und EDMONDSON, R.N. (1993). A comparative study of the effects of using the honeybee as a pollinating agent of glasshouse tomato. *Journal of Horticultural Science* 68, 79-88.
- CRUCHET, P. (1953). Distances à observer dans les cultures de haricots porte-graines. *Rev. Hort. Suisse* 56, 46-47.
- CRUM, C.P. (1941). Bees on clover, value of bees as pollinators. *American Bee Journal* 81, 270-272.
- CURRENCE, T.M. und JENKINS, J.M. (1942). Natural crossing in tomatoes as related to distance and

direction. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 41, 273-276.

CURTIS, L.C. (1939). Heterosis in summer squash (*Cucurbita pepo*) and the possibility of producing F1 hybrid seed for commercial planting. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 37, 827-828.

DAG, A., WEINBAUM, S.A., THORP, R.W. und EISIKOWITCH, D. (2000). Pollen dispensers (inserts) increase fruit set and yield in almonds under some commercial conditions. *Jour. Of Apicultural Research* 39 (3-4), 117-123.

DANKA, R.G., LANG, G.A. und GUPTON, C.L. (1993) Honey bee (Hymenoptera: Apidae) visits and pollen source effects on fruiting of 'Gulfcoast' southern highbush blueberry. *Journal of Economic Entomology* 86(1), 131-136.

DARROW, G.M. (1924). Dewberry growing. *U.S. Dept. Agr. Farmers' Bul.* 1402, s. 28.

DARROW, G.M. (1942). Blackberry growing. *U.S. Dept. Agr. Farmers' Bul.* 1399, s. 18.

DARROW, G.M. (1966). The strawberry. s. 447. *Holt, Rinehart and Winston, New York, Chicago and San Francisco.*

DARROW, G.M. (1967). The cultivated raspberry and blackberry in North America; Breeding and improvement. *Amer. Hort. Mag.* 46 (4), 203-218.

DARROW, G.M. und MOORE, J.N. (1962). Blueberry growing. *U.S. Dept. Agr. Farmers' Bul.* 1951, s. 33.

DARROW, G.M. und MOORE, J.N. (1966). Blueberry growing. *U.S. Dept. Agr. Farmers' Bul.* 1951, s. 38.

DARROW, G.M. und WALDO, G.F. (1948). Growing erect and trailing blackberries. *U.S. Dept. Agr. Farmers' Bul.* 1995, s. 34.

DARWIN, C.[R.] (1857). Bees and fertilization of kidney beans. *Gard. Chron.* 45, 725.

DARWIN, C. (1876). The Effects of Cross and Self Fertilisation in the Vegetable Kingdom. *London: Murray.*

DAVIDSON, S. (1985). Sunflower pollination - to bee or not to bee. *Rural Research* 126 CSIRO AUSTRALIA pp. 4-7.

DAVIS, G.N. und HALL, B.J. (1958). Cucumber production in California. *Calif. Agr. Expt. Sta. and Ext. Serv. Manual* 24, s. 21.

DAVIS, L.B., LASTER, M.L. und CAMPBELL, G.M. (1970). Study shows new bees better for cucumber fields.

Miss. Farm Res. 33 (6), 1, 2.

DAVIS, L.D. und TUFTS, W.P. (1941). Pear growing in California. *Calif. Agr. Ext. Serv. Cir.* 122, s. 87.

DAVYDOVA, N.S. (1954). Analysis of honeybee pollen loads from buckwheat. *Uchen. Zap. Kishinev. Univ.* 13, 167-173.

DAVYDOVA, N.S. (1969). [Possibilities of using bees for pollinating vine.] 22nd *International Beekeeping Congress, Munich 1-7 July 1969*, 393. Bucharest: Apimondia Publishing House.

DeGRANDI-HOFFMAN, G. und BUCHMANN, S. (1995) Some new perspectives on the pollination of hybrid sunflowers. *American Bee Journal* **135**(9), 628-629.

DeGRANDI-HOFFMAN, G. und MARTIN, J.H. (1993). The size and distribution of the honey bee (*Apis mellifera* L.) cross-pollinating population on male-sterile sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Apicultural Research* 32, 135-142.

DeGRANDI-HOFFMAN, G. und MARTIN, J.H. (1995) Does a honey bee (*Apis mellifera*) colony's foraging population on male-fertile sunflowers (*Helianthus annuus*) affect the amount of pollen on nestmates foraging on male-steriles? *Journal of Apicultural Research* **34**(3), 109-114.

DeGRANDI-HOFFMAN, G., HOOPINGARNER, R. und KLOMPARENS, K. (1986). Influence of honey bee (Hymenoptera: Apidea) in-hive pollen transfer on cross-pollination and fruit set apple. *Env. Ent.* 15, 723-725.

DeGRANDI-HOFFMAN, G., THORP, R., LOPER, G. und EISIKOWITCH, D. (1992). Identification and distribution of cross-pollinating honey-bees on almonds. *Jour. of Applied Ecology* 29, 238-246.

DELAPLANE, K. und MAYER, D. (2000). Crop pollination by bees. *CAB International, USA*.

DELAUDE, A. und ROLLIER, M. (1977). Pollinisation et modalités de production des semences hybrides de tournesol. *Information Technique Centre Technique Interprofessionnel des Oleagineux Metropolitanains* 56, 15-24.

DELAUDE, A., TASEI, J.N. und ROLLIER, M. (1979). Pollinator insects of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in France: pollination of male-sterile lines for hybrid seed production. In: *Proceedings of the 4th International Symposium on Pollination*, pp. 29-40.

DENNIS, B.A. und HAAS, H. (1967a). Pollination and seed-setting in diploid and tetraploid red clover (*Trifolium pratense* L.) under Danish conditions. I. Seedsetting in relation to the number and type of pollinating insects. *Roy. Vet. and Agr. Col., Copenhagen, Yearbook 1967*: 93-117.

DENNIS, B.A. und HAAS, H. (1967b). Pollination and seed-setting in diploid and tetraploid red clover

- (*Trifolium pratense* L.) under danish conditions. II. Studies of floret morphology in relation to the working speed of honey and bumble-bees (Hymenoptera: Apoidea). *Roy. Vet. And Agr. Col., Copenhagen, Yearbook* 1967, 118-133.
- DEODIKAR, G.B. (1975) Design of experiments for estimation of increased crop yields due to their bee pollination. *Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics* 27(1), 25-36.
- DeOLIVEIRA, D., GINGRAS, J. und CHAGNON, M. (1991) Honey bee visits and pollination of red raspberries. *Acta Horticulturae* 288, Sixth Pollination Symposium.
- DESHMUKH, A.K., RAO, G.M. und KARVE, A.D. (1985). Studies on the effect of honey bee pollination on the yield of safflower. *Indian Bee J.* 47, 1-2.
- DESSUREAUX, L. (1950). Variation in the seed setting ability of Ladino white clover. *Sci. Agr.* 30, 507-517.
- DESSUREAUX, L. (1951). Ovule formation as a factor influencing seed-setting of Ladino white clover. *Sci. Agr.* 31, 373-382.
- DETJEN, L.R. (1916). Self-sterility in dewberries and blackberries. *N.C. Agr. Expt. Sta. Tech. Bul.* 11, s. 37.
- DHALIWAL, H.S. und BHALLA, O.P. (1981). Factors affecting optimal pollination of cauliflower. 28th *International Congress of Apiculture, Acapulco, Mexico, 1981*, 386-387. Bucharest: Apimondia Publishing House.
- DICKSON, G.H. und SMITH, M.V. (1953). Fruit pollination. *Ontario Agr. Col. Cir.* 172, s. 6.
- DIJKSTRA, J. (1969). The importance of two-seeded pods of red clover (*Trifolium pratense* L.). *Euphytica* 18, 340-351.
- DILLMAN, A.C. (1938). Natural crossing in flax. *J. Am. Soc. Agron.* 30, 279-286.
- DILLMAN, A.C. (1953). Classification of flax varieties, 1946. *Tech. Bull. U.S. Dept. Agric.* 1064.
- DIWAN, V.V. und SALVI, S.R. (1965). Some interesting behavioural features of *Apis dorsata* Fah. *Indian Bee Jour.* 27 (1), 52.
- DOGTEROM, M.H., MATTEONI, J.A. und PLOWRIGHT, R.C. (1998). Pollination of greenhouse tomatoes by the North American *Bombus vosnesenskii* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology* 91, 71-75.
- DOLENC, K. und STAMPAR, F. (1998) Determining the quality of different cherry cultivars using the HPLC method. *Proceedings of the 3rd International Cherry Symposium. Acta Hort* 468, 705-712.

- DONOVAN, B.J. und READ, P.E.C. (1991). Efficacy of honey bees as pollinators of kiwifruit. *Acta Horticulturae* 288, 220-224.
- DOZET, B.M., MANDELIC, S., KORIC, D. und FARKA, B. (1993) Use of honey bees for controlled interpollination of wild *Helianthus annuus* L. and *Helianthus petiolaris* ssp. *Petiolaris* Nuttall. *Helia* 16(19), 69-76.
- DRESCHER, W. und ENGEL, G. (1976). Einfluss der Bestäubung von Schattenmorellen durch die Honigbiene auf den Ertrag. *Erwerbsobstbau* 18, 17-20.
- DUNAVAN, D. (1952). Insect pollination of Ladino clover in South Carolina. *Jour. Econ. Ent.* 45, 124-125.
- DUNAVAN, D. (1953). Insect pollination of Ladino clover in South Carolina. *Amer. Bee Jour.* 93, 468-469, 487.
- EATON, G.W. (1959). A study of the Megagametophyte in *Prunus Avium* and its relation to fruit setting. *Canad. Jour. Plant Sci.* 39, 466-476.
- EATON, G.W. (1962). Sweet cherry pollination, fruitset, and varieties. *Mich. State Hort. Soc. Ann. Rpt.* 92, 102-104.
- EATON, G.W. (1967). The relationship between seed number and berry weight in open-pollinated high-bush blueberries. *HortScience* 2 (1), 14-15.
- EATON, G.W. und STEWART, M.G. (1969b). Blueberry blossom damage caused by bumblebees. *Canad. Ent.* 101 (2), 149-150.
- EATON, G.W., DAUBENY, H.A. und NORMAN, R.C. (1968). Pollination techniques for red raspberry breeding programs. *Canad. Jour. Plant Sci.* 48 (3), 342-344.
- ECK, P. (1988). *Blueberry Science*. Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey.
- ECKERT, J.E. (1956). Honeybees increase asparagus seed. *Am. Bee J.* 96, 153-154.
- ECKERT, J.E. (1959). Honeybees in crop pollination. *Calif. Agr. Exp. Sta. Ext. Serv. Leaflet* 32, rev.
- ECKERT, J.E. (1962). The relation of honey bees to safflower. *Am. Bee J.* 102, 349-350.
- EDGEcombe, S.W. (1946a). Honeybees as pollinators in the production of hybrid cucumber seed. In *Iowa State Apiarist Rpt.* 1945, s. 85-86.

- EDGEcombe, S.W. (1946b). Honeybees as pollinators in the production of hybrid cucumber seed. *Amer. Bee Jour.* 86, 147.
- EINSET, O. (1930). Open pollination versus hand pollination of pollen-sterile grapes. *Tech. Bull. N.Y. St. Agric. Exp. Stn.* 162.
- EISA, H. und MUNGER, H.M. (1968). Male sterility in Cucurbita pepo. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 92, 473-479.
- ELAGIN, I. (1953). [Influence of pollination by bees on the yield from buckwheat.] *Pchelovodstvo* 6, 31-33. [In Russisch.] AA-117/54.
- ELAGIN, I.N. (1976). Role of bees in increasing yield and improving seed germination and crop qualities of hybrid buckwheat seed. In KOZIN, R.B. (ed.) *Pollination of Entomophilous Agricultural Crops by Bees*, 31-36. New Delhi: Amerind Publishing Co.
- EMERSON, R.A. (1904). Heredity in bean hybrids (*Phaseolus vulgaris*). *Nebr. Agr. Expt. Sta. Ann. Rpt.* 17, 33-68.
- ENGELBERT, V. (1931). A study of various factors influencing seed production in alfalfa (*Medicago sativa*). *Sci. Agr.* 12, 593-603.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, USA (2010). Clothianidin Registration of Prosper T400 Seed Treatment on Mustard Seed (Oilseed and Condiment) and Poncho/Votivo Seed Treatment on Cotton. *Memorandum, PC Code: 044309; DP Barcodes: 378994, 377955.*
- ERICKSON, E.H. (1982). The soybean for bees and bee-keeping. *Apiacta* 18, 1-7.
- ERICKSON, E.H. (1984b) Soybean pollination and honey production – A research progress report. *Am. Bee J.* 124, 775-779.
- ERICKSON, E.H., BERGER, G.A., SHANNON, J.G. und ROBINS, J.M. (1978). Honey bee pollination increases soybean yields in the Mississippi Delta region of Arkansas and Missouri. *J. Econ. Ent.* 71, 601-603.
- ERICKSON, H.T. und GABELMAN, W.H. (1956). The effect of distance and direction on cross-pollination in onions. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 68, 351-357.
- ERITH, A.G. (1924). White clover (*Trifolium repens* L.), a monograph. s. 150. Duckworth Co., London.
- ESPINA PÉREZ, D. und ORDTEX, ROS, G.S. (1983). Flora apícola tropical. *Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.* [In Spanisch.]

- EVERLY, R.T. (1950). Legume pollination problems. *Ind. Acad. Sci. Proc.* 59, 164-172.
- EWERT, E. (1942). Nectar production of cooking onions. *Deut. Bienenzucht* 49, 234-235.
- EWIES, M.A. und EL-SAHHAR, K.F. (1977). Observations on the behaviour of honeybees on onion and their effects on seed yield. *Faculty of Agriculture, Cairo University, Giza, Egypt.*
- FAIREY, D.T. und LEFKOVITCH, L.P. (1994). Collection of leaf pieces by *Megachile rotundata*: proportion used in nesting. *BeeScience* 3, 79-85.
- FAIREY, D.T., LEFKOVITCH, L.P. und LIEVERSE, J.A.C. (1989). The leafcutting bee, *Megachile rotundata* (F.): a potential pollinator for red clover. *Journal of Applied Entomology* 107, 52-57.
- FARKAS, J. (1981). Méhes megporzás meggyültetvényben. *Kertgazdaság* 13,15-29.
- FERGUSON, I.B. und WATKINS, C.B. (1989). Bitter pit in an apple fruit. *Horticultural Review* 11, 289-355.
- FERRERES, L.P. (1947). [Polinizacion del almendro por los insectos.] *Rancho Mex.* 3 (18), 17-20, 75. [In Spanish]
- FEUCHT, W., VOGEL, T., SCHIMMELPFENG, H., TREUTTER, D. und ZINKERNAGEL, V. (2001). Kirschen- und Zwetschenanbau. *Ulmer Verlag, Deutschland.*
- FILMER, R.S. und MARUCCI, P.E. (1963). The importance of honeybees in blueberry pollination. In *31st Ann. Blueberry Open House Proc., N.J. Agr. Expt. Sta.*, 14-21.
- FLEMION, F. und HENRICKSON, E.T. (1949). Further studies on the occurrence of embryoless seeds and immature embryos in the Umbelliferae. *Boyce Thompson Inst. Contrib.* 15, 291-297.
- FLETCHER, S.W. (1917). The strawberry in North America, history, origin, botany and breeding. s. 325. *The Macmillan Co., New York.*
- FLETCHER, S.W. und GREGG, O.I. (1907). Pollination of forced tomatoes. *Mich. Agr. Expt. Sta. Spec. Bul.* 39, 2-10.
- FLORIN, E.H. (1925). [Pear pollination.] *Meddel. Perm. Kom. Fruktodlingsforsok. Sweden.* No. 5, s. 38. Von *1925 Expt. Sta. Rec.* 53 (7), 641. [In Schwedisch.]
- FLOTTUM, K. (1998) Wild blueberries. *Bee Culture* **126**(4), 36-40.

- FOLSOM, J.W. (1922). Pollination of red clover by *Tetralonia* and *Melissodes*. *Ent. Soc. Amer. Ann.* 15, 181-184.
- FORD, I. (1970). Investigations into the pollination of Chinese gooseberries. *New Zealand Ministry of Agricultural and Fisheries Mimeograph*, pp. 1-12.
- FRANKLIN, D.F. (1958) Effect on Hybrid onion seed production of using different ratios of male-sterile and pollen rows. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 71, 435-439.
- FRANKLIN, D.F. (1970). Problems in the production of vegetable seed. In *The Indispensable Pollinators*, Ark. Agr. Ext. Serv. Misc. Pub. 127, s. 112-140.
- FREDIANI, D., PINZAUTI, M., CATERINI, B. (1987). Influenza dell'impollinazione entomofila sulla produttività del colza (*Brassica napus* L. spp. Oleifera). *Apicoltura, Italien*.
- FREE, J.B. (1959). The effect of moving colonies of honeybees to new sites on their subsequent foraging behaviour. *J. Agric. Sci., Camb.* 53, 1-9.
- FREE, J.B. (1962b). The effect of distance from pollinizer varieties on the fruit set on trees in plum and apple orchards. *J. Hort. Sci.* 37, 262-271.
- FREE, J.B. (1964). Comparison of the importance of insect and wind pollination of apple trees. *Nature* 201(4920), 726-727.
- FREE, J.B. (1966a). The pollination of the beans *Phaseolus multiflorus* and *Phaseolus vulgaris* by honeybees. *J. Apic. Res.* 5, 87-91.
- FREE, J.B. (1966b). The pollinating efficiency of honey bee visits to apple flowers. *Jour. Hort. Sci.* 41, , 91-94.
- FREE, J.B. (1968a). The pollination of strawberries by honeybees. *Jour. Hort. Sci.* 43, 107-111.
- FREE, J.B. (1968b). The foraging behaviour of honeybees (*Apis Mellifera*) and bumblebees (*Bombus* spp.) on blackcurrant (*Ribes nigrum*), raspberry (*Rubus idaeus*) and strawberry (*Fragaria x ananassa*) flowers. *Jour. Appl. Ecol.* 5, 157-168.
- FREE, J.B. (1970). Insect pollination of crop plants. s. 544. *Academic Press, London and New York*.
- FREE, J.B. (1993). Insect pollination of crops. *Academic Press Ltd, London*.
- FREE, J.B. und SIMPSON, J. (www.agric.wa.gov.au) The pollination requirements of sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *Empire J. Exp. Agr.* 32, 340-342.

- FREE, J.B. und SPENCER-BOOTH, Y. (1964). The effect of distance from pollenizer varieties on the fruit set of apple, pear and sweet-cherry trees. *Jour. Hort. Sci.* 39, 54-60.
- FREE, J.B. und WILLIAMS, I.H. (1972). The transport of pollen on the body hair of honeybees (*Apis mellifera* L.) and bumblebees (*Bombus* spp L.). *J. Appl. Ecol.* 9 609-615.
- FREE, J.B., SMITH, B.D., STOTT, K.G. und WILLIAMS, I.H. (1974). The pollination of self-fertile apple trees. *J. Hort. Sci.* 49, 301-304.
- FRIES, J., STARK, J. (1983). Measuring the importance of honeybees in rape seed production. *Journal of Apicultural Research, UK.*
- FURGALA, B. (1954). Honey bees increase seed yields of cultivated sunflowers. *Gleanings in Bee Culture* 82, 532-534.
- FURGALA, B., NOETZEL, D.M. und ROBINSON, R.G. (1979). Observations on the pollination of hybrid sunflowers. In: *Proceedings of the 4th International Symposium on Pollination*, pp. 45-48.
- FYE, R.E. und MEDLER, J.T. (1954). Field domiciles for bumblebees. *Jour. Econ. Ent.* 47, 672-676.
- GAGNARD, J.M. (1954). [Systematic characters and the sterility in almonds cultivated in Algeria.] *Algeria Inst. Agr. Ann.* 8 (2), 163. [In Französisch]. *Abstract in Bee World* 39, 192.
- GARCES, BOTERO, N. und MORALES SOTO, G. (1995) Flower visitation patterns of *Apis mellifera* on the Andean blackberry. *Revista Colombiana de Entomologia* 21(3), 153-157.
- GARVER, S., SLATENSEK, J.M. und KIESSELBACH, T.A. (1943). Sweetclover in Nebraska. *Nebr. Agr. Expt. Sta. Bul.* 352, s. 47.
- GARY, N.E., WITHERELL, P.C. und MARSTON, J. (1972). Foraging range and distribution of honey bees used for carrot and onion pollination. *Environmental Entomology* 1, 71-78.
- GARY, N.E., WITHERELL, P.C. und MARSTON, J. (1977a). Area fidelity and intra-field distribution of honey bees during the pollination of onions. *Env. Ent.* 6, 303-310.
- GARY, N.E., WITHERELL, P.C., LORENZEN, K. und MARSTON, J. (1977b). The interfield distribution of honey bees foraging on carrots, onions and safflower. *Env. Ent.* 6, 637-640.
- GERBER, H.S. und KLOSTERMEYER, E.C. (1972). Factors affecting the sex ratio and nesting behavior of the alfalfa leafcutter bee. *Washington Agricultural Experimental Station Technical Bulletin* 73.

GINGRAS, D., GINGRAS, J. und de Oliveira, D. (1999). Visits of honeybees (Hymenoptera: Apidae) and their effects on cucumber yields in the field. *Journal of Economic Entomology* 92, 435-438.

GIRARDEAU, J.H. jr. (1954). Reseeding crimson clover – as a major honey plant in South Georgia. (*Prelim. Rpt.*) *Ga. Agr. Expt. Sta. Mimeo Ser.* n.s. 1, 1-7.

GIRARDEAU, J.H. jr. (1958). The mutual value of crimson clover plantings and honey bees for seed and honey production in South Georgia. *Ga. Agr. Expt. Sta. Mimeo Ser.* n.s. 63, 1-23.

GIRISH, P.P. (1981). Role of bees in the pollination of summer squash (*Cucurbita pepo* Linne) with special reference to *Apis cerana* (Fabricius) (Hymenoptera: Apidae). MS thesis, University Agricultural Sciences, Bangalore, India.

GIROLAMI, V. und CARGNELLO, G. (1977). Intervento dell' ape nell' allegagione della cultivar “Picolit” (*Vitis vinifera* L.) *Apicolt mod.* 68, 179-183.

GIROLAMI, V., MAZZON, L., SQUARTINI, A., MORI, N., MARZARO, M., DI BERNARDO, A., GREATTI, M., GIORIO, C. und TAPPARO, A. (2009). Translocation of Neonicotinoid Insecticides From Coated Seeds to Seedling Guttation Drops: A Novel Way of Intoxication for Bees. *J. Econ. Entomol.* 102(5), 1808-1815.

GLADWIN, F.R. (1937). Pollination with particular reference to the grape. *Am. Fruit Grow. Mag.* 57 (2), 9, 24-25, 35; (3), 16, 35.

GLUKHOV, M.M. (1955). [Honey plants.] s. 512. *Izd. 6, Perer. I Dop. Moskva, Gos. Izd-vo Selkhoz Lit-ry.* [In Russisch.]

GODINI, A., PALASCIANO, M., GOZZI, G. und PETRUZZI, G. (1998) Role of self-pollination and horticultural importance of self-compatibility in cherry. *Proceedings of the 3rd International Cherry Symposium.* *Acta Hort* 468, 567-573.

GOEBEL, R. (1984). Honey bees for pollination. *Australasian Beekeeper* 85, 166-174.

GOFF, A. (1953). A new buzz in bee circles. *Ford Farming (Dearborn Motors, Birmingham, Mich.)* 6 (2), 7.

GOLDMAN, D.A. (1976). Sunflower configuration in relation to the behavior of pollinating insects. MS thesis, Ohio State University.

GOODERHAM, C.B. (1950). Overwintered colonies versus package bees for orchard pollination. *Canada Dept. Agr. Dominion Apiarist Prog. Rpt.*, 1937-38. (Abs.) *Bee World* 31, 96.

- GOODMAN, R. (1994). Honeybee pollination of fruit tree crops. *Department of Primary Industries; Knoxville, Sept. 1994*. <http://www.dpi.vic.gov.au>
- GOODMAN, R.D. und OLDROYD, B.P. (1988). Honeybee pollination of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duchesne). *Aust. J. Exp. Agric.* 28, 435-438.
- GOODWIN, R.M. (1986a). Kiwifruit flowers: anther dehiscence and daily collection of pollen by honey bees. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 14, 449-452.
- GOODWIN, R.M. (1995). Afternoon decline in kiwifruit pollen collection. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 23, 163-171.
- GOODWIN, R.M., TEN HOUTEN, A. und PERRY, J.H. (1999). Effect of staminate kiwifruit vine distribution and flower number on kiwifruit pollination. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 27, 63-67.
- GOPLEN, B.P. (1960). Honeybees and seed production of sweet clover. *Forage Notes* 6, 31-32.
- GORDIENKO, V. (1960). [Sexual hybrids of soya beans obtained by directed bee pollination.] S. 400-407. In *Mel'nichenko, A.N., [Pollination of Agricultural Plants by Bees.] Izd-vo Minist. Sel'sko Khoz. SSSR.* [In Russisch.]
- GORDON, D.M., BARTHELL, J.F., PAGE, R.E., Jr., FONDRK, M.K. und THORP, R.W. (1995) Colony performance of selected honey bee (Hymenoptera: Apidae) strains used for alfalfa pollination. *Journal of Economic Entomology* 88, 51-57.
- GRAY, H.E. (1925). Observations on tripping of alfalfa blossoms. *Canad. Ent.* 57, 235-237.
- GREEN, H.B. (1956). Some factors affecting pollination of white dutch clover. *Jour. Econ. Ent.* 49, 685-688.
- GREEN, H.B. (1957). White clover pollination with low honey bee population. *Jour. Econ. Ent.* 50, 318-320.
- GREWAL, G.S. und SIDHU, A.S. (1979). Note on the role of bees in the pollination of *Cucurbita pepo*. *Indian J. Agric. Sci.* 49, 386-388.
- GRIGGS, W.H. (1953). Pollination requirements of fruits and nuts. *Calif. Agr. Expt. Sta. Cir.* 424, s. 35.
- GRIGGS, W.H. (1970). The status of deciduous fruit pollination. In *The Indispensable Pollinators*. *Ark. Agr. Ext. Serv. Misc. Pub.* 127, s. 185-210.
- GRIGGS, W.H. und HESSE, C.O. (1963). Pollination requirements of Japanese plums. *Calif. Agr. Expt. Stat.*

Ext. Serv. Leaflet 163.

GRIGGS, W.H. und IWAKIRI, B.T. (1954). Pollination and parthenocarpy in the production of Bartlett pears in California. *Hilgardia* 22 (19), 643-678.

GRIGGS, W.H. und IWAKIRI, B.T. (1961). Timing is critical for effective cross-pollination of almond flowers. *Calif. Agr.* 18, 6-7.

GRIGORENKO, V.N. (1979). [Effects on pollination of repeated visits by honeybees to buckwheat.] *Pchelovodstvo.* 10, 18-19.

GROENEWEGEN, C., KING, G. und GEORGE, B.F. (1994). Natural cross pollination in California commercial tomato fields. *HortScience* 29, 1088.

GRÜNER BERICHT (2010). *Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft*, s. 34-41.

GUBIN, A.F. (1945). Cross pollination of fibre flax. *Bee Wld* 26, 30-31.

GULYÁS, S. (1984). A málna (*Rubis idaeus* L.) és a méhészet. *Méhészet* 32, 5.

GUPTA, J.K. und REDDY, M.C.M. (1992) Foraging intensity of insects and nectar of wild cherry, *Prunus puddum* Roxb. *Entomon* 17(1/2): 91-94.

GUYNN, G. und JAYCOX, E.R. (1973) Observations of sunflower pollination in Illinois. *American Bee Journal* 113(5), 168-169.

HALL, I.V. und AALDERS, L.E. (1961). Note on male sterility in the common lowbush blueberry *Vaccinium angustifolium* Ait. *Canad. Jour. Plant Sci.* 41, 865.

HAMMER, O. (1950). Bees do work red clover – experiments in Denmark prove. *Canadian Bee Journal* 58, 4-14.

HANSSON, A. (1980). [Bees and beekeeping.] *Stockholm, Schweden: LTS Förlag.* [In Schwedisch.]

HARAGSIM, O., VESELY, V., ŠEDIVY, J., TAIMR, L., DOČKAL, J. und BALCAR, J. (1965). Activity of Honey Bees marked with Radioisotopes and moved to fields of Lucerne (*Medicago sativa*). *20th International Beekeepers Congress II/4.*

HARDY, M.B. (1931). Self and cross fertility of red raspberry varieties. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 28, , 118-121.

- HARE, Q.A. und VANSELL, G.H. (1946). Pollen collection by honeybees in the Delta, Utah, alfalfa seed-producing area. *Amer. Soc. Agron. Jour.* 38, 462-469.
- HARRISON, C.M., KELTY, R.H. und BLUMER, C. (1945). Honeybees and legume seed production. *Mich. Agr. Expt. Sta. Quart. Bul.* 28 (2), 1-5.
- HARTMAN, H. (1923). The cane fruit industry in Oregon. *Oreg. Agr. Expt. Sta. Cir.* 48, s. 28.
- HASSANEIN, M.H. (1955). The value of pollinating insects to flax seed production in Egypt. *Ann. Agric. Sci. Univ. A'in Shams*, 773-784.
- HAWKINS, R.P. (1962a). Bees in relation to seed crops from red clover. *Bee World* 43, 114-119.
- HAWKINS, R.P. (1969). Length of tongue in a honey bee in relation to the pollination of red clover. *Jour. Agr. Sci. (Cambridge)* 73, 489-493.
- HAWS, B.A. und HOLDAWAY, F.G. (1957). Insects and sweetclover seed production. *Minn. Fm. Home Fact Sh. Ent.* 3.
- HAWTHORN, L.R. und POLLARD, L.H. (1954). Vegetable and flower seed production. s. 626. *The Blakiston Co., Inc., New York*.
- HAWTHORN, L.R., BOHART, G.E. und TOOLE, E.H. (1956). Carrot seed yield and germination as affected by different levels of insect pollination. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 67, 384-389.
- HAWTHORN, L.R., BOHART, G.E., TOOLE, E.H., NYE, W.P. und LEVIN, M.D. (1960). Carrot seed production as affected by insect pollination. *Utah Agricultural Experimental Station Bulletin* 422.
- HAY, W.D. (1925). Does artificial tripping of alfalfa blossoms increase seed-setting? *Sci. Agr.* 5, 289-290.
- HAYASE, H. (1953). [Cucurbita-crosses. IV. The development of squash fruit as affected by placement of pollen on stigma.] *Hokkaido Natl. Agr. Expt. Sta. Res. B.* 64, 22-25. [In Japanisch; englische Zusammenfassung.]
- HEINRICH, B. (1979). *Bumblebee Economics*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- HENRY, A.W. und TU, C. (1928). Natural crossing in flax. *J. Am. Soc. Agron.* 20, 1183-1192.
- HERGERT, G. (1994) Shortage of honey bees for wild blueberry pollination. *Canadian Beekeeping* 18(3), 58-59.
- HILLS, K.L. (1941). Red clover seed production at Moss Vale, N.S.W. Australia. *Austral. Council Sci. and*

Indus. Res. Jour. 14, 249-252.

HOBBS, G.A. (1956). Ecology of the leaf-cutter bee (*Megachile perihirta* Ckll.) (Hymenoptera; Megachilidae) in relation to production of alfalfa seed. *Canad. Ent.* 88, 625-631.

HOBBS, G.A. (1962). "Domestication" of bumble bees. *Canad. Dept. Agr. Ent. Branch News Letter* 40 (6), 1-2.

HOBBS, G.A. (1964). Importing and managing the alfalfa leaf-cutter bee. *Canad. Dept. Agr. Pub.* 1209, s. 8.

HOBBS, G.A. (1965). Importing and managing the alfalfa leaf-cutter bee. *Canad. Dept. Agr. Pub.* 1209, rev., s. 11.

HOBBS, G.A. (1967a). Domestication of alfalfa leaf-cutter bees. *Canad. Dept. Agr. Pub.* 1313, s. 19.

HOBBS, G.A. (1967b). Obtaining and protecting red-clover pollinating species of *Bombus* (Hymenoptera: Apidae). *Canad. Ent.* 99, 943-951.

HOBBS, G.A. und LILLY, C.E. (1954). Ecology of species of *Megachile latrielle* in the mixed prairie region of Southern Alberta with special reference to pollination of alfalfa. *Ecology* 35, 453-462.

HOBBS, G.A. und LILLY, C.E. (1955). Factors affecting efficiency of honey bees (Hymenoptera: Apidae) as pollinators of alfalfa in southern Alberta. *Canadian Journal of Agricultural Sciences* 35, 422-432.

HOFFMANN W., MUDRA A. und PLARRE W. (1970). Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Pflanzen. *Berlin.*

HOLDAWAY, F.G., BURSON, P.M., PETERSON, A.G. *et al.* (1957). Three-way approach brings better legume seed production. *Minnesota Farm Home Science* 14, 11-13.

HOLLOWELL, E.A. (1936). White clover. *U.S. Dept. Agr. Leaflet* 119, s. 8.

HOLLOWELL, E.A. (1942). Ladino white clover for the Northeastern States. *U.S. Dept. Agr. Farmers' Bul.* 1910, s. 10.

HOLLOWELL, E.A. und TYSDAL, H.M. (1948). The need for seed is urgent. *U.S. Dept. Agr. Yearbook* 1948, 341-346.

HOLM, S.N. (1966). The utilization and management of bumble bees for red clover and alfalfa production. *Ann. Rev. Ent.* 11, 155-182.

HOLM, S. N., RAHMAN, M. H., STOLEN, O., SORENSEN, H. (1985). Studies on pollination in rapeseed

(*Brassica campestris*), Advances in the production and utilization of cruciferous crops. 245 – 253, *Dep. Crop Husbandry and Plant Breeding, Royal Vet. And Agric. University*, 1871, Copenhagen, Dänemark.

HOOPER, C.H. (1913). The pollination and setting of fruit blossoms and their insect visitors. *Roy. Hort. Soc. Jour.* 38, 238-248.

HOOPER, C.H. (1930). The study of pollination in relation to cherry orchards. *Gardners' Chron.* 88 (2293), 475-476.

HOOPER, C.H. (1935). Pears – their pollination, the relative order of flowering of varieties, their cross fertilization and the insect visitors to the blossoms. *Jour. So.-East. Agr. Col. [Wye, Kent]* 36, 111-118.

HOOPER, C.H. (1936). Plums; notes on their pollination, order of flowering of varieties and insect visitors to the blossoms. *Jour. So.-East. Agr. Col. [Wye, Kent]* 38, 131-140.

HOOTMAN, H.D. (1931). Recent discoveries in pollination methods and practices and their influence upon greater yields of desirable fruit. *Md. Agr. Soc. Farm Bur. Fed. Rpt.* 15, 170-182; also in *Md. State Hort. Soc. Proc.* 33, 24-36.

HOPKINS, I. (1914). History of the bumblebee in New Zealand – its introduction and results. *New Zeal. Dept. Agr. Indus., and Com. Bul.* 46, n.s., s. 29.

HOPPING, M.E. (1976). Effect of exogenous auxins, gibberellins and cytokinins on fruit development in Chinese gooseberry (*Actinidia chinensis* Planch.). *New Zealand Journal of Botany* 14, 69-75.

HOPPING, M.E. und JERRAM, E.M. (1979). Pollination of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.): stigma-style structure and pollen tube growth. *New Zealand Journal of Botany* 17, 233-240.

HORTICULTURAL EDUCATION ASSOCIATION (1967). The pollination of fruit crops. s. 68. *Hort. Ed. Assoc. Fruit Com., Res. Sta., Long Ashton, Bristol; England*. Reprinted from *Sci. Hort.* 14, 126-150 (1960); 15, 82-122 (1961).

HOWARD, A., HOWARD, G.L.C. und ABDUR RAHMAN, K. (1910). The economic significance of natural cross-fertilization in India. *Mem. Dep. India Bot. Ser.* 3, 281-330.

HOWARD, A., HOWARD, G.L.C. und ABDUR RAHMAN, K. (1916a). Studies in Indian oil-seed. I. Safflower and Mustard. *Mem. Dep. Agric. India. Bot. Ser.* 7, 237-272.

HOWARD, A., HOWARD, G.L.C. und ABDUR RAHMAN, K. (1919). Studies in the Pollination of Indian crops. *Mem. Dep. Agric. India. Bot. Ser.* 10, 195-220.

- HOWARD, C., WEAVER, E. und ALSPACH, P. (www.agric.wa.gov.au) Calcium chloride application to reduce rain splitting in sweet cherries. *The Orchardist* 71(8), 26-27.
- HOWELL, G.S., KILBY, M.W. und NELSON, J.W. (1972). Influence of timing of hive introduction on production of highbush blueberries. *HortScience* 7, 129-131.
- HOWELL, G.S., NELSON, J. und MICHAEL, K. (1970). Influence of pollination and nutritional status on the yield and quality of highbush blueberries. *HortScience (Sek. 2)* 5 (4), 326.
- HOWITT, A.J., PSHEA, A. und CARPENTER, W.S. (1965). Causes of deformity in strawberries evaluated in a plant bug control study. *Mich. Agr. Expt. Sta. Quart. Bul.* 48 (2), 161-166.
- HOWLETT, F.S. (1926b). Pollination studies in Ohio. *Ohio State Hort. Soc. Proc.* 59, 197-200.
- HSIEH, S.-Y. (1973). [Studies on pollination method and fertility percentage of sunflower (*Helianthus annuus* L.).] *Journal of the Agricultural Association of China* No. 81, 29-35.
- HUGHES, G.R. (1971). In pickling cucumbers – bees make the difference. *Prog. Farmer* 86 (6), 16-17.
- HUGHES, G.R., SORENSEN, K.A. und AMBROSE, J.T. (1982). Pollination in vine crops. North Carolina Agricultural Extension Service, AG-84.
- HUGHES, H.M. (1951). *Fruit Cultivation for Amateurs*. London: Collingridge.
- HUGHES, H.M. (1961). Preliminary studies on the insect pollination of soft fruits. *Expl. Hort.* 6, 44.
- HUGHES, H.M. (1962). Pollination studies. Progress Report. M.A.A.F., N.A.A.S., *Rep. Efford exp. Hort. Stn.* 1961.
- HUMPHRY-BAKER, P. (1975). *Pollination and Fruit Set in Tree Fruits*. British Columbia Department of Agriculture, Victoria.
- HUNTER, S.J. (1899). Bee fertilization of the alfalfa blossom. In *Kans. State Bd. Agr. Rpt. For quarter ending March 1899*, s. 219-222.
- HURD, P.D. jr. (1966). The pollination of pumpkins, gourds and squashes (Genus Cucurbita). In *2nd Internatl. Symposium on Pollination, London, 1964*. *Bee World* 47, 97-98.
- HUTCHINS, A.E. und CROSTON, F.E. (1941). Productivity of F1 Hybrids in the squash (*Cucurbita maxima*). *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 39, 332-336.

HUTSON, R. (1926). Relation of the honeybee to fruit pollination in New Jersey. *N.J. Agr. Expt. Sta. Bul.* 434, s. 32.

HYUNG RAE, L. und MI HYUN, C. (1997) Studies on foraging activities, efficacies of the pollinators and pollen characteristics of Korean raspberry (*Rubus crataegifolius*), buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) and Japanese Cornelian cherry (*Cornus officinalis*). *Korean Journal of Apiculture* **12** (2), 69-76.

IMKERFREUND (1986). 4/1986.

ISSA, M.R.C., VELOCCI, M.E.P., GONCALVES, L.S. und SOARES, A.E.E. (1984). Ensaio de polinizacao em soja (*Glycine max.*) por abelhas *Apis mellifera* L. *Anais do 5° Congresso Brasileiro de Apicultura Vicosa, MG, Brasil, 23 à 27 de Julho de 1980.*

JABLONSKI, B. und SZKLANOWSKA, K. (1987a). Nectar secretion and pollination of a new homostyllic buckwheat variety *Fagopyrum esculentum* Moench. *The 31st International Apicultural Congress of Apimondia, Warsaw.* 394-399. Bucharest: Apimondia Publishing House.

JACKMAN, E.R. (1940). Tripping alfalfa. *Better Crops with Plant Food* 24 (10), 17-20, 45-46.

JAKOBSEN, H.B. und MARTENS, H. (1994). Influence of temperature and ageing of ovules and pollen on reproductive success in *Trifolium repens* L. *Annals of Botany* 74: 493-501.

JAMIESON, C.A. (1955). Progress report, 1949-1953. s. 41. *Apiculture Division, Dominion Expt. Farm, Ottawa, Canada.*

JAWAHAR, L., JYOTI und BREWER, G.J. (1999) Honey bees (Hymenoptera: Apidae) as Vectors of *Bacillus thuringiensis* for control of banded sunflower moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Environ. Entomol.* **28**(6), 1172-1176.

JAYCOX, E.R. (1968). Evaluating honey bee colonies for pollination. *Fruit Growing* 20, s. 3, rev.

JAYCOX, E.R. (1970b). Pollination of strawberries. *Am. Bee J.* 110, 176-177.

JAYCOX, E.R. (1971). Pollination of legume seed in Illinois. *Ill. Coop. Ext. Serv. Cir.* 1039, s. 1.

JAYCOX, E.R., GUYNN, G., RHODES, A.M. und VANDEMARK, J.S. (1975). Observations on pumpkin pollination in Illinois. *American Bee Journal* 115, 139-140.

JENKINS, J.M., Jr (1942). Natural self-pollination in cucumbers. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 40, 411-412.

- JENNINGS, D.L. (1988). *Raspberries and Blackberries: Their Breeding, Diseases and Growth*. Academic Press, London.
- JOHANSEN, C.A. (1960). Insect pest control and pollination of red clover grown for seed in central Washington. Washington State University Agricultural Extension Service, EM 1985.
- JOHANSEN, C.A. und RETAN, A.H. (1971). Increase clover seed yields with adequate pollination. Washington State University Cooperative Extension Service, EM 3444.
- JOHNSON, W.C. und NETTLES, W.C. (1953). Pollination of crimson clover: 1952 demonstration results. *South Carolina Cooperative Extension Service, Miscellaneous Publication*.
- JOHNSON, W.C. und WEAR, J.I. (1967). Effect of Boron on white clover (*Trifolium repens* L.) seed production. *Agron Jour.* 59, 205-206.
- JOHNSTON, S. (1927). Pollination, an important factor in successful pear production. *Mich. State Hort. Soc. 57th Ann. Rpt.*, s. 196-199.
- JOHNSTON, S. (1929). Insects aid fruit setting of raspberry. *Mich. Agr. Expt. Sta. Quart. Bul.* 11 (3), 105-106.
- JONES, H.A. und ROBBINS, W.W. (1928). The asparagus industry in California. *Calif. Agr. Expt. Sta. Bul.* 446, s. 105.
- JONES, H.A. und ROSA, J.T. (1928). *Truck Crop Plants*. New York: McGraw-Hill.
- JONES, H.A. und EMSWELLER, S.L. (1931). The vegetable industry. s. 431. *McGraw-Hill Book Co., Inc., New York and London*.
- JONES, H.A. und EMSWELLER, S.L. (1934). The Use of flies as onion pollinators. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 31, 160-164.
- JONES, L. und OLSON, P.J. (1943). Seed setting in alfalfa. III. *Sci. Agr.* 23 (5), 315-322.
- JULIUS KÜHN-INSTITUT (2008). Analysen des Julius Kühn-Instituts zu Bienenschäden durch Clothianidin. *Presseinformation, 10. Juni 2008*.
- JUNTAWONG, N. (1989). Verweildauer von Pollen bestimmter botanischer Herkunft in der Honigblase und im Honig bei *Apis mellifera carnica* L. *Dissertation, Wien*.
- KADAM, B.S. und PATANKAR, V.K. (1942). Natural cross-pollination in safflower. *Indian J. Genet. Pl. Breed.* 2, 69-70.

KAMLER, F. (1983). Reakce vybranych odrud repky ozime na opyleni vcelou medonosnou. *Rostlinna Vyroba, Tschechien*.

KAMLER, F. (1997) Sunflower pollination in Czech Republic. *Proc. Intl Symp. on Pollination. Acta Hort.* **437**.

KARABAY, N.U. und OGUZ, M.G. (2005). Cytogenetic and genotoxic effects of the insecticides imidacloprid and methamidophos. *Department of Biology, Faculty of Science, Ege University, 35100 Bornova, Izmir, Türkiye*.

KARMO, E.A. (1961). Increasing the pollinating efficiency of the honey bee through colony rotation. *Nova Scotia Dept. Agr. And Market. Cir.* 102, s. 4.

KARMO, E.A. (1972). Blueberry pollination, 1972 – Problems, possibilities. *Nova Scotia Dept. Agr. And Market., Hort. and Biol. Serv., Apiculture* 109, s.14.

KASHKOVSKII, V.G. (1958). [Economic results of pollinating buckwheat crops by honeybees and by hand.] *Byull. Nauch-Tekh. Inf., Kemerovo* 2-59-61. [In Russisch.] AA-390/60.

KAUFFELD, N.M. und WILLIAMS, P.H. (1972). Honey bees as pollinators of pickling cucumbers in Wisconsin. *American Bee Journal* 112, 252-254.

KAZIEV, I.P. und SEIDOVA, S.S. (1965). The nectar yield of flowers of some Cucurbitaceae under Azerbaidjan conditions. *XX Int. Beekeeping Jubilee Congress II*: 31. Apimondia Publishing.

KELTY, R.H. (1929). Renting or keeping bees for use in the orchard. *Mich. Agr. Col. Ext. Bul.* 56, s. 11.

KERR, W.L. (1927). Cross and self-pollination studies with the peach in Maryland. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 24th *Ann. Mtg. Proc.*: 97-101.

KESTER, D.E. und GRIGGS, W.H. (1959b). Fruit setting in the almond: The effect of cross-pollinating various percentages of flowers. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 74, 206-213.

KESTER, D.E., MICKE, W.C., und VIVEROS, M. (1994). A mutation in „Nonpareil“ almond conferring unilateral incompatibility. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119, 1289-1292.

KEVAN, P.G. (1988). Pollination: crops and bees. *Ontario Ministry of Agriculture and Food, Publication* 72.

KILLINGER, G.B. und HAYNIE, J.D. (1951). Honeybees in Florida's pasture development. *Special Series Florida Department of Agriculture* 66, 112-115.

KILLINGER, G.B. und HAYNIE, J.D. (1952). Honeybees and other factors in Florida's legume program. *Fla.*

Agr. Expt. Sta. Bul. 497, s. 14.

KINDEMBA, V. (2009). The impact of neonicotinoid insecticides on bumblebees, Honey bees and other non-target invertebrates. *October 2009, ISBN 978-1-904878-964*.

KINMAN, C.F. (1924). Plum and prune growing in the Pacific States. *U.S. Dept. Agr. Farmers' Bul.* 1372, s. 59.

KINMAN, C.F. (1938). Plum and prune growing in the Pacific States. *U.S. Dept. Agr. Farmers' Bul.* 1372, rev., s. 55.

KINMAN, C.F. (1943). Plum and prune growing in the Pacific States. *U.S. Dept. Agr. Farmers' Bul.* 1372, rev., s. 55.

KINMAN, C.F. und MAGNESS, J.R. (1935). Pear growing in the Pacific Coast States. *U.S. Dept. Agr. Farmers' Bul.* 1739, s. 40.

KIRK, L.E. (1925). Self-pollination of sweetclover. *Sci. Agr.* 6 (4), 109-112.

KIRK, L.E. und STEVENSON, T.M. (1931). Factors which influence spontaneous self-fertilization in sweetclover (*Melilotus*). *Canad. Jour. Res.* 5, 313-326.

KISSELHEGN, S. (1977). Froedbyttet oeges, hvis der er bier i rapsen. *Tidsskrift for Biavl.*, Dänemark.

KITAMURA, T. und MAETA, Y. (1969). Studies on the pollination of apple by *Osmia*. III. Preliminary report on the homing ability of *Osmia cornifrons* (Radoszkowski) and *O. pedicornis* cockerell. *Kontyu* 37 (1), 83-90. AA-80/71.

KLEINSCHMIDT, G. J. (1986). Pollination requirement of a range of sunflower cultivars. *Australasian Beekeeper* 87 (12), 253 – 255, Australien.

KNIGHT, W.E. (1967). Inheritance of an apetalous, male-sterile character in crimson clover. *Crop Sci.* 9, 94.

KNIGHT, W.E. und GREEN, H.B. (1957). Bees needed for pollination of crimson clover. *Mississippi Farm Research* 20, 7.

KNUTH, P. (1906-1909). Handbook of flower pollination. 3 v. [Übersetzung von J.R. Ainsworth-Davis.] Oxford at the Clarendon Press.

KNYSH, A.N. (1958). [Pollination by bees of varieties of cucumber.] *Sad i Ogorod* 6, 13-16. [In Russisch.] AA-372/58.

KOLTOWSKI, Z. (1996a) Nectar secretion and honey-yielding potential of several field bean cultivars (*Vicia*

faba L. spp. *minor* Harz). *Pszczelnicze Zeszyty Naukowe* **40**(1), 41-57.

KOLTOWSKI, Z. (1996b) Influence of pollinating insects on yield of several field bean cultivars (*Vicia faba* L. spp. *minor* Harz). *Pszczelnicze Zeszyty Naukowe* **40**(1), 191-207.

KOPEL'KIEVSKII, G.V. (1953). Timely locations of bees for pollination of buckwheat and the honey crop. *Pchelovodstvo, Mosk.* 30, 28-31.

KOPEL'KIEVSKY, G.V. (1955). [Pollination of buckwheat by bees.] *Pchelovodstvo* 32, 41-48. [In Russisch.] AA-55/57.

KOPEL'KIEVSKY, G.V. (1960). [Bees and buckwheat seed crop.] *Pchelovodstvo* 37 (4), 36-39. [In Russisch.] AA-683/63.

KOPERZINSKII, V.V. (1949). [The cause of sterility in lucerne (*Medicago sativa*) and means of checking it.] *Soviet Agron.* 3, 68-76. [In Russisch.] *Abstract in Bee World* 31, 80 (1950).

KORPELA, S. (1988). The influence of honeybee pollination on turnip rape (*Brassica campestris*) yield and yield components. *Annales-Agriculturae-Fennia*, Finland.

KOZIN, R.B. (1954). Effect of bees on the seed crop of flax. *Pchelovodstvo, Mosk.* 6, 41-43.

KRAUS, E.J. (1912). The pollination question. *Oreg. Agr. Expt. Sta. Cir. Bul.* 20, s. 7.

KRAUSE, G. L. und WILSON, W. T. (1981). Honey bee pollination and visitation patterns on hybrid oilseed sunflowers in central Wyoming (Hymenoptera : Apidea). *Journal of the Kansas Entomological Society* 54, 75 – 82, USA.

KREUZER, J. (1989). Kreuzers Gartenpflanzen-Lexikon: "Kurz und bündig". *Thalacker, Braunschweig*.

KREWER, G., MYERS, S., BERTRAND, P., HORTON, D., MURPHY, T. und AUSTIN, M. (1986). Commercial blueberry culture. *University of Georgia Cooperative Extension Service, Circular* 713.

KRISTOFFERSON, K.B. (1921). Spontaneous crossing in the garden bean, *Phaseolus vulgaris*. *Hereditas* 2, 395-400.

KROPACOVA, S. (1963). [Nectar production of lucerne and the number of honeybees working on it.] *Sborn. Vys. Skoly Zemed. Brne* 1, 37-44. [In Tschechisch, russische und englische Zusammenfassung.]

KROPÁČOVÁ, S. (1965). Možnosti zlepšení práce včely medonosné (*Apis mellifera* L.) při opylování vojtěšky seté (*Medicago sativa* L.). *Sborn. vys. Skoly Zeměd. Brně* 111-122.

KROPÁCOVÁ, S. und MIKLIK, V. (1970). Cinnost včely medonosnej (*Apis mellifera* L.) na komonici bielej (*Melilotus albus* Medik) *Pol'nohospodárstvo* 16, 849-856.

KUBERSKY, U. und BOECKING, O. (/). Leitfaden zur Bestäubung von Heidelbeeren. *Institut für Bienenkunde Celle*.

KUDINOVA, I.M. (1979). [Effect of honeybee pollination on the yield and quality of grapes.] *Doklady Timiryazevskoi Sel'skokhozyajstvena, Akademii* 256, 56-59.

KURRENOI, N.M. (1969). [The role of honey bees in regular fruit bearing of the apple tree.] In *22nd Internatl. Apic. Cong. Proc., Munich*, s. 483-485. [In Russisch, englischer Abstract.]

KURENNOI, N.M. und KURENNOI, V.N. (1976). Problems in using bees as pollinators of apple trees to ensure regular bearing. In KOZIN, R.B. (ed.) *Pollination of Entomophilous Agricultural Crops by Bees*, 22-30. New Delhi: Amerind Publishing Co.

KÜHN, B.F. (1987). Bestovning af hindbaersorten "Willamette". *Tidsskrift for Planteavl* 91, 85-88.

KUMAR, J., MISHRA, R.C. und GUPTA, J.K. (1989). Effect of honey bee pollination on onion (*Allium cepa* L.) seed production. *Indian Bee J.* 51, 3-5.

KUMAR, R., CHAUDHARY, O.P. und LENIN, J.K. (1994) Studies on the foraging behaviour of honey bees and their role as pollinators of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Indian Bee Journal* 56(3/4), 207-210.

KURENNIO, N.M. (1957) An experiment in increasing effectiveness of bee pollination of sunflowers. *Pchelovodstvo* 34(9), 42-48.

LACKETT, J.J. und BURKHARDT, C.C. (1979). Effects of visits by honeybees, *Apis mellifera* L., on production and quality of "Dabreak" and "Tangi" strawberries *Fragaria x ananassa* Duch. *Proceedings 4th International Symposium on Pollination 1978. Maryland Agricultural Experimental Station Special Miscellaneous Publication* 1, 137-141.

LAERE, O. van (1957). L'importance des abeilles pour la fructification des arbres fruitiers. *Belg. Apic.* 21, 231-235.

LAERE, O. Van und MARTENS, N. (1962). [The importance of the domestic bee in the production of red clover (*Trifolium pratense*) seed.] *Rev. del' Agr.* 15 (11/12), 1383-1395. [In Französisch.]

LAGASSÉ, F.S. (1928). Proper pollination of fruit blossoms. *Ext. Bull. Univ. Del. Ext. Servb. Agric.* 15.

LANCASTER, R.R. (1949). Clovers for Texas pastures. *Tex. Agr. Ext. Serv.* B-168, s. 24.

LANGRIDGE, D.E. (1969). Effects of temperature, humidity and caging on the concentration of fruit pollen in the air. *Austral. Jour. Expt. Agr. Anim. Husb.* 9, 549-552.

LANGRIDGE, D.F. (1952). Pollination experiment [on pumpkins]: Agricultural Department's work. *Austral. Bee Jour.* 33, 84.

LANGRIDGE, D.F. (1954). Honey-bees in agriculture and horticulture. *Victoria Jour. Dept. Agr.* 52, 113-116, 128.

LANGRIDGE, D.F. und GOODMAN, R.D. (1974) A study on pollination of sunflowers (*Helianthus annuus*). *Aust. J. Exp. Agric and Animal Husb.*

LANGRIDGE, D.F. und GOODMAN, R.D. (1980). A study on pollination of safflower (*Carthamus tinctorius*) cv Gila. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 20, 105-107.

LANGRIDGE, D.F. und GOODMAN, R.D. (1982). Honeybee pollination of oilseed rape, cultivar Midas. *Australian Journal of Experimental Agriculture an Animal Husbandry, Australien.*

LANGRIDGE, D.F. und GOODMAN, R.D. (1985). Honey bee pollination of Japanese plums (*Prunus salicina* Lindl. cv Satsuma) in the Goulburn Valley, Victoria. *Aust. J. Exp. Agric.* 25, 227-230.

LANGRIDGE, D.F. und JENKINS, P.T. (1975) *Aust. J. Exp. Agric. An. Husb.* 15, 105-107.

LANGRIDGE, D.F., JENKINS, P.T. und GOODMAN, R.D. (1977) A study on pollination of dessert peaches cv Crawford. *Aust. J. of Exp. Agric. and Animal Husbandry* 17,697-699.

LEDERHOUSE, R.C., CARON, D.M. und MORSE, R.A. (1968). Onion pollination in New York. *New York's Foof and Life Sci.* 1(3), 8-9.

LEDERHOUSE, R.C., CARON, D.M. und MORSE, R.A. (1972). Distribution and behavior of honey bees on onions. *Environmental Ent.* 1, 127-129.

LEE, W.R. (1958). Pollination studies on low-bush blueberries. *Jour. Econ. Ent.* 51, 544-545.

LEHNHERR, B., DUVOISIN, N., BLUMER, P., FLURI, P., HERRMANN, M., LEHRER, M. (2001). Biologie der Honigbiene. (*Der schweizerische Bienenvater, Band 2*), Winikon.

LEHNHERR, M., HEINZ, A., und THOMAS, H. (2001). Imkerhandwerk (*Der schweizerische Bienenvater, Band 1*), Winikon.

- LEMASSON, M. (1987). Intéret de l'abeille mellifère (*Apis mellifica*) dans la pollinisation de cultures en serre de cornichon (*cucumis sativus*), de melon (*cucumis melo*) et de tomate (*Lycopersicum esculentum*). *Revue de l'Agriculture* 40, 915-924.
- LERIN, J. (1982). Effects of insect pollination on rape in a cage experiment. *Agronomie* 2 (3), 249 – 255, Frankreich.
- LESHCHEV, V. (1952). [Modern agriculture increases nectar production of buckwheat.] *Pchelovodstvo* 29, 23-26. [In Russisch.] AA-54/57.
- LESINS, K. (1950). Investigations into seed setting of lucerne at Ultuna, Sweden, 1945-49. *Ann. Roy. Agr. Col. (Uppsala, Sweden)* 17, 441-483.
- LESINS, K., AKERBERG, E. und BÖJTÖS, Z. (1954) Tripping in alfalfa flowers. *Acta Agric. Scand.* 4, 239-256.
- LESLEY, J.W. und LESLEY, M. (1939). Unfruitfulness in the tomato caused by male sterility. *Jour. Agr. Res.* 58, 621-630.
- LEVIN, M.D. (1986). Using honey bees to pollinate crops. *US Department of Agriculture, Leaflet* 549.
- LEVIN, M.D. und BUTLER, G.D.jr. (1966). Bees associated with safflower in south central Arizona. *J. Econ. Ent.* 59, 654-657.
- LEVIN, M.D., BUTLER, G.D.jr. und RUBIS, D.D. (1967). Pollination of safflower by insects other than honey bees. *J. Econ. Ent.* 60, 1481-1482.
- LEWIS, C.I. und VINCENT, C.C. (1909). Pollination of the apple. *Oreg. Agr. Expt. Sta. Bul.* 104, s. 40.
- LINDHARD, E. (1911). [Pollination of red clover by bumblebees.] *Tidsskrift for Landbruets Planteavel.* 18 (5), 719-737. [In Dänisch.]
- LÖKEN, A. (1958). Pollination studies in apple orchards of western Norway. In *10th Internatl. Cong. Ent. Proc.* 4, 961-965. Aug. 17-25, 1956, Montreal.
- LORD, W.G. (1985). Successful cucumber production will continue to depend on honey bees in the near future. *American Bee Journal* 125, 623-625.
- LOVELL, J.H. (1924). Pollination of alfalfa. *Amer. Bee Jour.* 66, 176-178.
- LUCE, W.A. und MORRIS, O.M. (1928). Pollination of deciduous fruits. *Wash. Agr. Expt. Sta. Bul.* 223, s. 22.

- LUNDIE, A.E. (1927). The honey-bee and the fruit grower. How the flowers are fertilized. *Farming in So. Africa* 1 (10), 384-387.
- LUPU, A. und EISIKOWITCH, D. (1994) Pollination of sweet cherries (*Prunus avium* L.) in Israel. *Alon Hanotea* 48(12), 52-528.
- LUTTSO, V.P. (1956). The pollination of sunflowers. In: KRISCHUMAS, I.V. and GRUBIN, A.F. (eds) *The Pollination of Agricultural Crops*. State Publishing House for Agricultural Literature, Moscow (in Russian).
- LUTTSO, V.P. (1957). The pollination of flax by honeybees. *Dokl. TSKhA* 30, 327-331.
- LUTTSO, V.P. (1977). Honeybees and fiber flax. In MEL'NICHENKO, A.N. (ed.). *Pollination of Agricultural Crops by Bees*, VOL. III, 230-235. *Neu-Delhi, Indien; Amerind*.
- LYLE, C. (1944). Bees promote clover seed production. *Miss. Farm Res.* 7 (12), 1, 4.
- LYRENE, P.M. und CROCKER, T.E. (1994) The blueberry. *University of Florida, Florida Cooperative Extension Service*, Fact Sheet HS-46A.
- MacDANIELS, L.H. (1929). Pollination studies in New York State. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 1928, 129-137.
- MacDANIELS, L.H. und HEINICKE, A.J. (1929). Pollination and other factors affecting the set of fruit, with special reference to the apple. *N.Y. (Cornell) Agr. Expt. Sta. Bul.* 497, s. 47.
- MACFARLANE, R.P. und FERGUSON, A.M. (1984). Kiwifruit pollination: a survey of the insect pollinators in New Zealand. *Proceedings of the 5th International Symposium on Pollination*, pp. 367-373.
- MACFARLANE, R.P., VAN DEN ENDE, H.J. und GRIFFIN, R.P. (1991). Pollination needs of „Grasslands Pawera“ red clover. *Acta Horticulturae* 288, 399-404.
- MACKIE, W.W. und SMITH, F.L. (1935). Evidence of field hybridization in beans. *J. Am. Soc. Agron.* 27, 903-909.
- MANDL, ST. (2007). Bestäubungsleistung der Honigbiene. *Dissertation an der Universität für Bodenkultur Wien. Südwestdeutscher Verlag für Hochschulschriften*.
ISBN: 978-3-8381-0501-7
- MANN, G.S. und TANDA, A.S. (1985). Activity and abundance of pollinators of grape (*Vitis vinifera* var. Perlette) at Ludhiana, Punjab. *Proceedings 3rd International Conference on Apiculture in Tropical Climates. Nairobi, 1984. London: International Bee Research Association*.

- MANN, L.K. und WOODBURY, G.W. (1969). The effect of flower age, time of day and variety of pollen germination of onion, *Allium Cepa* L. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 94, 102-104.
- MARLETTO, F. und MANINO, A. (1979). Funzione dell' ape nell' impollinazione di vitigni da vino in Piemonte. *L' Apicoltore Moderno.* 70, 101-106.
- MARR, C. und HILLYER, I.G. (1968). Effect of light intensity on pollination and fertilization of field and greenhouse tomatoes. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 92, 526-530.
- MARTHOPE und JONES (1988) *Proc. 2nd Aust. And Intl. Bee Congress*, pp. 144-149.
- MARTIN, E.C. (1970). The use of honey bees in the production of hybrid cucumbers for mechanical harvest. In *The Indispensable Pollinators*, *Ark. Agr. Ext. Serv. Misc. Pub.* 127, s. 106-109.
- MARTIN, J.H. und LEONARD, W.H. (1949). Principles of field crop production. s. 1176. *The Macmillan Co., New York.*
- MARTIN, J.N. (1930). The seed production of clover and alfalfa as related to bees. In *Pammel, L.H., and King, C.M., Honey plants of Iowa, Iowa Geol. Survey Bul.* 7, s. 1075-1080.
- MARUCCI, P.E. (1966). Blueberry pollination. *Amer. Bee Jour.* 106, 250-251, 264.
- MATHESON, A.G. und SCHRADER, M. (1987). The value of honey bees to New Zealand's primary production. *Nelson, New Zealand: Ministry of Agriculture and Fisheries.*
- MATTU, V.K., CHAUDHARY, D.K. und KUMAR, L. (1994) Foraging ecology of *Apis cerana* and *A. mellifera* L. in pollinating stone fruit crops. *Pest Management and Economic Zoology* 2(1), 35-3.
- MATZKE, A., BOGDANOV, S., BIERI, K. und RIEDER, K. (2001). Bienenprodukte und Apitherapie. (*Band 4 von Der schweizerische Bienenvater*), Winikon.
- MAURIZIO, A. (1953). Weitere Untersuchungen an Pollenhörschen. Beitrag zur Erfassung der Pollentrachtverhältnisse in verschiedenen Gegenden der Schweiz. *Beih. Schweiz. Bztg.* 2, 320-455.
- MAURIZIO, A. (1994). Das Trachtpflanzenbuch: Nektar und Pollen – die wichtigsten Nahrungsquellen der Honigbiene. *München, Ehrenwirth.*
- MAURIZIO, A. und PINTER, L. (1961). [Observations on nectar secretion and insect visitation of a few field varieties of swiss red clover (*Trifolium pratense* L.)] In *Arbeiten aus dem Gebiete des Futterbaues*: 41-46. *Zurich-Oerlikon, Arbeitsgemeinschaft zur Forderung des Futterbaues (AGFF)*. [In Deutsch.] AA-462/62.

- MAYER, D.F. (1986). Pollination of crucifers. *Proceedings of the West Washington Horticultural Society* 76, 18-20.
- MAYER, D.F. und LUNDEN, J.D. (1983). Carrot seed production, pests, and pollination. *Proceedings of the Washington State Beekeepers Association* 90, 22-23.
- MAYER, D.F. und MILICZKY, E.R. (1998). Emergence, male behavior, and mating in the alkali bee, *Nomia melanderi* Cockerell (Hymenoptera: Halictidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 71, 61-68.
- MAYER, D.F., JOHANSEN, C.A. und BURGETT, D.M. (1986). Bee pollination of tree fruits. *Pacific Northwest Extension Publication*, PNW 0282.
- MAYER, D.F., MILICZKY, E.R. und LUNDEN, J.D. (1990). Pollination of pears. In: *Pear production in the Pacific Northwest*. University of California Press, Davis, California.
- MAYER, D.F., LUNDEN, J.D. und JASSO, M.R. (1993). Onion seed pollination research. In: *Integrated Pollinator and Pest Management Annual Report*, Washington State University.
- McCORMODALE, D.B. und OWEN, R.E. (1994). Laying sequence, diploid males, and nesting usurpation in the leafcutter bee, *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Insect Behaviour* 7, 731-738.
- McCUTCHEON, D. (1983). Blueberry pollination. *British Columbia Department of Agriculture, Apiary Branch Bee Notes* 507.
- McGREGOR, S.E. (1938). Environmental factors and size variations in honeybee appendages. *Jour. Econ Ent.* 31, 570-573.
- McGREGOR, S.E. (1976). *Insect Pollination of Cultivated Crop Plants*. US Department of Agriculture, Agriculture Handbook 496.
- McGREGOR, S.E. (1981). Honey bees and alfalfa seed production. *American Bee Journal* 121, 193-194.
- McLAREN, G.F., FRASER, J.A. und GRANT, J.E. (1992). Pollination of apricots. *Orchardist of New Zealand* 65 (8), 20-23.
- McLAREN, G.F., FRASER, J.A. und GRANT, J.E. (1996). Some factors influencing fruit set in cv Sundrop apricot. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 24, 55-63.
- McLAURIN, W. (/). Pollination of Vegetable Crops. *Cooperative Extension Service; The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences; Extension Horticulturist*. <http://pubs.caes.uga.edu>[2008]

MEIER, F.C. und ARTSCHWAGER, E. (1938). Airplane collection of sugar beet pollen. *Science, N.Y.* 88, 507-508.

MEL'NICHENKO, A.N. (1976). Role of insect-pollinators in increasing yields of agricultural plants. In KOZIN, R.B. (ed.) *Pollination of Entomophilous Agricultural Crops by Bees*, 1-4. New Delhi: Amerind Publishing Co.

MENKE, H.F. (1952a). A six million dollar native bee in Washington State. *Amer. Bee Jour.* 92, 334-335.

MENKE, H.F. (1952b). Alkali bee helps set seed records. *Crops and Soils* 4 (8), 2.

MENKE, H.F. (1954). Insect pollination in relation to alfalfa seed production in Washington. *Wash. Agr. Expt. Sta. Bul.* 555, s. 24.

MERRILL, T.A. (1936). Pollination of the highbush blueberry. *Mich. Agr. Expt. Sta. Tech. Bul.* 151, s. 34.

MESQUIDA, J., RENARD, M. (1987). Sur la pollinisation du colza d'hiver autofertile par l'abeille domestique. *Bulletin Technique Apicole*, Frankreich.

MIAH, M. K., ALAM, M. Z., ISLAM, Z. und HOSSAIN, M. (1993). Influence of honeybee on pollination and seed production in synthesized cabbage (*Brassica napus* L.). *Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University*, 16, 107 – 113, Bangladesch.

MICHAELSON-YEATES, T.P.T., MARSHALL, A., ABBERTON, M.T. und RHODES, I. (1997). Self-compatibility and heterosis in white clover (*Trifolium repens* L.). *Euphytica* 94, 341-348.

MICHELbacher, A.E., SMITH, R.F. und HURD, P.D. jr. (1964). Bees are essential – pollination of squashes, gourds and pumpkins. *Calif. Agr.* 18 (5), 2-4.

MICHENER, C.D., MCGINLEY, R.J. und DANFORTH, B.N. (1994). *The bee genera of North and Central America (Hymenoptera: Apoidea)*. Smithsonian Institute Press, Washington DC.

MIKITENKO, A.S. (1959). Bees increase the seed crop of sugar beet. *Pchelovodstvo, Mosk.* 36, 28-29.

MILLER, M.D., JONES, L.G., OSTERLI, V.P. und andere. (1952). Seed production of Ladino clover. *Calif. Agr. Ext. Serv. Cir.* 182, s. 30.

MILUM, V.G. (1940). Bees and Soyabeans. *Am. Bee J.* 80, 22.

MILUTINOVIC, M., RAKONJAC, V. und NIKOLIC, D. (1998) Functionality of pollen and fruit set in sour cherry cultivars. *Proceedings of the 3rd International Cherry Symposium. Acta Hort* 591-594.

MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LÄNDLICHEN RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG (2008). Abschlußbericht Beizung und Bienenschäden. 17. Dezember 2009.

MISHRA, R.C., DOGRA, D.S. und GUPTA, P.R. (1976). Some observations on insect pollinators of apple. *Indian Bee J.* 38, 20-22.

MOELLER, F.E. und KOVAL, C.F. (1973). Honeybee pollination of strawberries in Wisconsin. *Resource Report, Cooperative Extension, University of Wisconsin.* No. A2549.

MOLL, R.H. (1954). Receptivity of the Individual Onion flower and some Factors affecting its Duration. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 64, 399-404.

MOMMERS, J. (1971). [The pollination of beans under glass (Phaseolus).] *Maandschr. v. de Bijent* 73 (5), 79-80. [In Holländisch, englischer Abstract.]

MONTGOMERY, B.E. (1958). Preliminary studies of the composition of some Indiana nectars. *Proc. Indiana Acad. Sci.* 68, 159-163.

MONTI, L.M. und FRUSCIANTE, L. (1982). Pollination studies on faba beans. *Faba bean improvement*, 33 - 39, Italien.

MOORE, E.L. (1968). Obtaining fruit set of plastic greenhouse tomatoes. *Miss. Agr. Expt. Sta. Bul.* 768, s. 8.

MOORE, J.N. (1964). Duration of receptivity to pollination of flowers of the highbush blueberry and the cultivated strawberry. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 85, 295-301.

MORIYA, N., IKEDA, J. und HOSHINO, M. (1956). [Studies on the seed production of alfalfa. 2. Effect of rainfall on seed production. 3. Effect of nitrogen applied before and after the bud formation stage on flowering, pod- and seed-setting.] *Crop Sci. Soc. Japan Proc.* 25 (2), 111-112. [In Japanisch, englische Zusammenfassung.]

MORRIS, O.M. (1921). Studies in apple pollination. *Wash. Agr. Expt. Sta. Bul.* 163, s. 32.

MORRISON, L. (1961). Pollination and seed-setting of red clover in scrim-covered cages. *New Zeal. Jour. Agr. Res.* 4 (5/6), 560-565.

MORROW, E.B. (1943). Some effects of cross-pollination versus self-pollination in the cultivated blueberry. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 42, 469-472.

MUHAMMAD, S., GONDAL, A. und MANZOOR-UL-HAQ (1973). Studies on the role of *Apis indica* F. in the pollination of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* Linn) and radish (*Rhaphanus sativus* Linn). *S.U. Res. J. (Sci.Ser.)* 7, 87-93.

- MUNOZ RODRIGUEZ, A.F. (1979) Sunflowers: pollination by honey bees. *Vida apcola* **84**, 14-17.
- MUNRO, J.A. (1950). Legume seed production. *N. Dak. Agr. Expt. Sta. Bul.* 13 (1), 14-17.
- MURNEEK, A.E. (1937). Pollination and fruit setting. *Mo. Agr. Expt. Sta. Bul.* 379, s. 28.
- MURNEEK, A.E. und SCHOWENGERT, G.C. (1935). A study of the relation of size of apples to number of seeds and weight of spur leaves. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 33, 4-6.
- MUTTOO, R.N. (1950). Honey bees and fruit crops. *Indian Jour. Hort.* 7 (3 / 4), 17-20.
- NARAYANAN, E.S., SHARMA, P.L. und PHADKE, K.G. (1960). Studies on requirements of various crops for insect pollinators. I. Insect pollinators of sounf (*Foeniculum vulgare*) with particular reference to the honeybees at Pusa (Bihar). *Indian Bee J.* 22, 7-11.
- NEISWANDER, R.B. (1954a). Honey bees as pollinators of greenhouse tomatoes. *Gleanings Bee Cult.* 82, 610-613.
- NEISWANDER, R.B. (1954b). Honey bees as tomato pollinators. *Ohio Veg. and Potato Growers' Assoc. 39th Ann. Proc.*, s. 96, 98, 100, 102, 104, 106, 108.
- NEISWANDER, R.B. (1956). Pollination of greenhouse tomatoes by honey bees. *Jour. Econ. Ent.* 49, 436-437.
- NEMIROVICH-DANCHENKO, E.N. (1964). [Concerning the nectar yield and floral biology of cucumbers.] *Izv. Tomsk. Otd. Vses. Bot. Obshch.* 5, 127-132. [In Russisch.] AA-541/67.
- NEPI, M. und PACINI, E. (1993). Pollination, pollen viability and pistil receptivity in *Cucurbita pepo*. *Annals of Botany* 72, 527-536.
- NEUGSCHWANDTNER, R. (2003). Bestäubungsleistung, Honig- und Pollenertrag der Honigbiene bei Rotklee. *Universität für Bodenkultur, Wien, Diplomarbeit.*
- NEUMANN, U. (1955). Die Bedeutung der Befruchtungsverhältnisse und Pflegemaßnahmen für den vorzeitigen Fruchtefall bei schwarzen Johannisbeeren. *Arch. Gartenb.* 3, 339-354.
- NEVKRYTA, A.N. (1953). [Insects pollinating cucurbit crops.] s. 92. [Kiev] *Akad. Nauk Ukrain. SSR.* [In Russisch.] AA-153/61.
- NEVKRYTA, A.N. (1957). [Distribution of apiaries for pollinating cherries.] *Pchelovodstvo* 34 (4), 34-38. [In Russisch.] AA-373/58.

- NEVKRYTA, O.M. (1957). [Insect pollinators of wild and cultivated cherry in the Ukraine.] *Zbirn. Prats. Zool. Muz.* 28, 49-61. [In Ukrainisch, russische Zusammenfassung.] AA-418/65.
- NORTON, J.B. (1913). Methods used in breeding asparagus for rust resistance. *U.S. Dept. Agr. Bur. Plant Ind. Bul.* 263, s. 60.
- NYE, W.P. und MACKENSON, O. (1968) Selective breeding of honey bees for alfalfa pollination: fifth generation and backcross. *Journal of Apicultural Research* 7, 21-27.
- NYE, W.P. und MACKENSON, O. (1970) Selective breeding of honey bees for alfalfa pollination: with tests in high and low alfalfa pollen collecting regions. *Journal of Apicultural Research* 9, 61-64.
- NYE, W.P., WALLER, G.D. und WATERS, N.D. (1971). Factors affecting pollination of onions in Idaho during 1969. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 96, 330-332.
- NYEKI, J. und SZABO, Z. (1996a) Fruit set of self and pollen pollinated peach flowers under Hungarian ecological conditions. *Proceedings of the third international peach symposium, Beijing, China, 6-10 September 1993, Acta Horticulturae* 374: 177-18.
- NYEKI, J. und SZABO, Z. (1996b). Fruit set of plum cultivars under Hungarian ecological conditions. *Proceedings of the 2nd International workshop on pollination. Acta Hort* 423, 185-191.
- NYEKI, J., SZABO, Z., ANDRASFALVY, A., SOLTESZ, M. und KOVACS, J. (1998) Open pollination and autogamy (self-fertilisation) of peach and nectarine varieties. *Fourth International Peach Symposium, Vols 1 - 2, Acta Horticulturae* 465, 279-284.
- OERTEL, E. (1943). White clover seed and honeybees. Progress through agricultural research. *La. Agr. Expt. Sta. Ann. Rpt.*, s. 135-136.
- OERTEL, E. (1954). There's nothing like honeybees for [white] clover. *South. Seedsman* 17, 22, 72-73.
- OERTEL, E. (1961). Honey bees in production of white clover seed in the Southern States. *Amer. Bee Jour.* 101, 96-99.
- OGANJAN, V.N. (1938). Methods of pollinating soyabean. *Selek. Semenoved* (1), 31-35. (Institute of Northern Grain Husbandry and Grained Legumes).
- O'GRADY, J.H. (1987). Market failure in the provision of honeybee pollination: a heuristic investigation. *M.S.Thesis, University of Vermont.*
- OLDERSHAW, D. (1970). The pollination of high bush blueberries. In *The Indispensable Pollinators, Ark. Agr. Ext. Serv. Misc. Pub.* 127, s. 171-176.

- OLMO, H.P. (1943). Pollination of the Almeria grape. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 42, 401-406.
- OSTERLI, V.P. und MILLER, M.D. (1951). Ladino clover seed production in California. *Crops and Soils* 4 (1), 18-20.
- OVERHOLSER, E.L., OVERLEY, F.L. und ALLMENDINGER, D.F. (1944). Pear growing and handling in Washington. *Wash. Agr. Expt. Sta. Pop. Bul.* 174, 30-35.
- OWEN, C.R. (1953). Louisiana S-1 white clover. *La. Agr. Expt. Sta. Bul.* 479, s. 15.
- PACI, P. (1956). [Research on the floral biology of the carrot.] *Riv. Ortoflorofruttic. Ital.* 40, 414-423. [In Italienisch, englische Zusammenfassung.]
- PADDOCK, F.B. (1946). Let's put the bees in your business. *Successful Farming* 44 (5), 28-29, 46-48.
- PALMER-JONES, T. (1967). Honey bees as pollinators of red clover. *New Zeal. Jour. Agr.* 114, 34-35.
- PALMER-JONES, T. und CLINCH, P.G. (1968). Honey bees essential for pollination of apple trees. *New Zealand Journal of Agriculture* 11, 32-33.
- PALMER-JONES, T. und CLINCH, P.G. (1974). Observation on the pollination of Chinese gooseberries variety "Hayward". *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 2, 455-458.
- PALMER-JONES, T. und FOSTER, I.W. (1972). Measures to increase the pollination of lucerne (*Medicago sativa* Linn.). *N.Z. J. Agric. Res.* 15, 186-193.
- PALMER-JONES, T., FORSTER, I. und CLINCH, P.G. (1966). Observations on the pollination of Montgomery red clover (*Trifolium pratense* L.). *New Zeal. Jour. Agr. Res.* 9 (3), 738-747.
- PALMER-JONES, T., FORSTER, I.W. und JEFFERY, G.L. (1962). Observations on the role of the honey bee and bumble bee as pollinators of white clover (*Trifolium repens* Linn.) in the Timaru district and Mackenzie country. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 5, 318-325.
- PAMMEL, L.H. und BEACH, A.M. (1894). Pollination of Cucurbits. *Iowa Acad. Sci. Proc.* 2, 146-152.
- PANKIW, P. und BOLTON, J.L. (1965) Note on a floral mutant of alfalfa. *Can. J. Pl. Sci.* 45, 228.
- PANKIW, P., BOLTON, J.L., McMAHON, H.A. und FOSTER, J.R. (1956) Alfalfa pollination by honeybees on the Regina plains of Saskatchewan. *Can. J. Agric. Sci.* 36, 114-119.

- PANKRATOVA, E.P. (1957). [The effect of bee pollination on the harvest of carrot seed.] *Dokl. TSKhA* 30 (Teil 2), 332-336. [In Russisch.] AA-396/61.
- PAUSHEVA, Z.P. (1961). Change in intercellular reactions in the buckwheat stigma under the effect of pollination. *Zh. Obshch. Biol.* 22, 220-225.
- PAUSHEVA, Z.P. (1976). Comparative efficiency of different methods of hybridization of buckwheat. In KOZIN, R.B. (ed.) *Pollination of Entomophilous Agricultural Crops by Bees*, 334-338. New Delhi: Amerind Publishing Co.
- PEDERSEN, A. und STAPEL, C. (1944). Undersøgelser over Lucernens bestøvning i 1943. *Tidsskr. Frøavl* 386.
- PEDERSEN, M.W. (1953a). Seed production in alfalfa as related to nectar production and honeybee visitation. *Bot. Gaz.* 115, 129-138.
- PEDERSEN, M.W. (1953b). Environmental factors affecting nectar secretion and seed production in alfalfa. *Agron. Jour.* 45, 359-361.
- PEDERSEN, M.W. (1958). Nectar secretion in relation to seed production in alfalfa. In *10th Internatl. Cong. Ent. Proc., Montreal, Aug. 1956*, s. 1019-1024.
- PEDERSEN, M.W. und TODD, F.E. (1949). Selection and tripping in alfalfa clones by nectar-collecting honey bees. *Agron. J.* 41, 247-249.
- PEDERSEN, M.W., JONES, L.G. und ROGERS, T.H. (1961). Producing seeds of the legumes. *U.S. Dept. Agr. Yearbook* 1961, 171-181.
- PEDERSEN, M.W., PEDERSEN, H.L., BOHART, G.E. und LEVIN, M.D. (1956). A comparison of the effect of complete and partial cross-pollination of alfalfa on pod set, seeds per pod, and pod and seed weight. *Agron. Jour.* 48, 177-180.
- PELLETT, F.C. (1941). Pollination of alfalfa. *Amer. Bee Jour.* 81, 129.
- PELLETT, F.C. (1947). American honey plants. *Ed. 4*, s. 467. *Orange-Judd Publishing Co., Inc., New York*.
- PENGELLY, D.H. (1953). Alfalfa pollination in Southern Ontario. *Ent. Soc. Ontario Ann. Rpt.* 84, s. 101-118.
- PERCIFAL, M.S. (1946). Observations on the flowering and nectar secretion of *Rubus fruticosus* (Agg.). *New Phytol.* 45, 111-123.
- PERCIFAL, M.S. (1947). Pollen collection by *Apis mellifera*. *New Phytol.* 46, 142-173.

- PESENKO, Y.A. und RADCHENKO, V.D. (1993). The use of bees (Hymenoptera, Apoidea) for alfalfa pollination: the main directions and modes, with methods of evaluation of populations of wild bees and pollinator efficiency. *Entomology Review* 72, 101 – 119.
- PESSON P. und LOUVEAUX J. (1984). *Pollinisation et Productions Vegetales. Paris.*
- PETKOV, V.G. (1963). The share of bees in the pollination of strawberry plants. In *19th Internatl. Apic. Cong. Proc., Prague*, s. 94-95.
- PETKOV, V. (1980). [Studies on the melliferous characters of plants from various biological groups Part 1.] *Rastenievudni Nauki* 16, 55-63. [In Bulgarisch.]
- PETKOV, V.G. und PANOV, V. (1967). Study on the efficiency of apple pollination by bees. In: *21st International Apiculture Congress Proceedings*, College Park, Maryland, USA, pp. 432-436.
- PETO, H.B. (1951). Pollination of cucumbers, watermelons and cantaloupes. In *Iowa State Apiarist Rpt. 1950*, s. 79-87.
- PHARIS, R.L. und URNRAU, J. (1953). Seed setting of alfalfa flowers tripped by bees and mechanical means. *Can. J. Agric. Sci.* 33, 74-83.
- PHILLIPS, E.F. (1930). Honey bees for the orchard. *N.Y. (Cornell) Agr. Ext. Serv. Bul.* 190, s. 24.
- PHILLIPS, E.F. (1933). Insects collected on apple blossoms in western New York. *Jour. Agr. Res.* 46, 851-862.
- PHILLIPS, E.F. und DEMUTH, G.S. (1922). Beekeeping in the buckwheat region. *U.S. Dept. Agr. Farmers' Bul.* 1216, s. 26.
- PHILP, G.L. und VANSELL, G.H. (1932). Pollination of deciduous fruits by bees. *Calif. Agr. Ext. Serv. Cir.* 62, s. 27.
- PHIPPS, C.R. (1930). Blueberry and huckleberry insects. *Maine Agr. Expt. Sta. Bul.* 356, s. 107-232.
- PHIPPS, C.R., CHANDLER, F.B. und MASON, I.C. (1932). Blueberry pollination. *Maine Agr. Expt. Sta. Bul.* 363, s. 266.
- PICKHARDT, A. und FLURI, P. (2000). Die Bestäubung der Blütenpflanzen durch Bienen – Biologie, Ökologie und Ökonomie. *Bern.*
- PINZAUTI, M. (1983). Influenza dell' impollinazione entomofila sull' allegazione e la produzione della Malvasia Bianca. *Atti XIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Sestriere, Torino, 27 Giugno – I*

Luglio 1983. Turin, Italy. *Accademia Nazionale Italiana di Entomologia Istituto di Zooculture, University of Pisa, Italy.*

PIPER, C.V. und MORSE, W.J. (1910). The Soy Bean; history, varieties and field studies. *Bull. U.S. Dep. Agric. Bur. Plant Ind.* 197.

PIPER, C.V. und MORSE, W.J. (1923). *The Soybean*. London: McGraw-Hill.

PIPER, C.V., EVANS, M.W., McKEE, R. und MORSE, W.J. (1914). Alfalfa seed production; pollination studies. *U.S. Dept. Agr. Bul.* 75, s. 32.

PISTORIUS, J., BISCHOFF, G. und HEIMBACH, U. (2009). Bienvergiftung durch Wirkstoffabrieb von Saatgutbehandlungsmitteln während der Maisaussaat im Frühjahr 2008. *Journal für Kulturpflanzen* 61(1), s. 9-14.

PÖRNBACHER, H. (1991). Insekten als Bestäuber in Apfelplantagen. *ADIZ Jg.* 25 (7), s. 6-8.

PONOMARIOVA, E.G. (1976). Methods of controlling the pollination activities of bees. *In*

KOZIN, R.B. (ed.) *Pollination of Entomophilous Agricultural Crops by Bees*. New Delhi: Amerind Publishing Co.

POOLE, C.F. (1937). Improving the root vegetables. *Yb. Agric. U.S. Dep. Agric.* 300-325.

POPOV, V.V. (1952). Apidae pollinators of Chenopodiaceae. *Zool. Zh.* 31, 494-503.

POTTER, J.M.S. (1963). The National Fruit Trials. *Rep. East Malling Res. Stn.* 1962, 40-45.

POWELL, G.H. (1902). Kieffer pear pollination. Report of the Horticulturist. *Del. Agr. Expt. Sta. Ann. Rpt.* 13, 121-124.

PRABUCKI, J. (1982). Wpływ pszczol na plon nasion niektórych roślin kapustnych. *Rozprawy, Akademia Rolnicza w Szczecinie, Poland.*

PRASAD, D., HAMEED, S. F., SINGH, R., YAZDANI, S. S. und SINGH, B. (1989). Effect of bee pollination on the quantity and quality of rai crop (*Brassica juncea* Coss). *Indian Bee Journal* 51 (2), 45 – 47, Indien.

PRIORE, R., FORLANI, M. und SANNINO, G. (1985). *Apis mellifera* L. nell' impollinazione di *Vitis vinifera* L. cv. Cardinal. *Apicoltura Moderna* 76, 13-18.

PRITSCH, G. (1965). [Increasing the yield of oil plants by using honey bees.] *Vedecké Práce Vyzkumného Ustavu Vcelarského, CSAZV* 4, 157-163.

- PURDIE, J.D. und WINN, R.A. (1964). Almond pollination – honey bee activity. *So. Austral. Jour. Agr.* 68 (5), 152-157.
- PURDIE, J.D. und WINN, R.A. (1965). Almond pollination: honey bee activity. *Austral. Bee Jour.* 46, 17-19.
- PYKE, N.B. und ALSPACH, P.A. (1986). Inter-relationships of fruit weight, seed number and seed weight in kiwifruit. *New Zealand Journal of Agricultural Science* 20, 153-156.
- RADAEVA, E.N. (1954). [Bee pollination increases the yield of sunflower seeds (*Helianthus annuus*)]. *Pchelovodstvo* 31, 33-38.
- RAJAGOPAL, D., VEERESH, G.K., CHIKKADEVIAIAH, NAGARAJA, N. und KENCHARADDI, R.N. (1999). Potentiality of honeybees in hybrid seed production of sunflower (*Helianthus annuus*). *Indian Journal of Agricultural Science* 69, 40-43.
- RANDHAWA, G.S., YADAV, I.S. und NATH, N. (1963). Studies on flowering, pollination and fruit development in peach grown under subtropical conditions. *Indian Jour. Agr. Sci.* 33 (2), 129-138.
- RAO, G.M. und SURYANARAYANA, M.C. (1989). Effect of honey bee pollination on seed yield in onion (*Allium cepa* L.). *Indian Bee J.* 51, 9-11.
- RAO, G. M., SURYANARAYANA, M. C. und THAKAR, C. V. (1980). Bees can boost oilseed production. *Indian Farming* 29 (11), 25 -26, Indien.
- RAUALA, T.S. (1972). Pollination studies in cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.). *J. Res., Punjab Agric. Univ.* 9, 580-585.
- REDALEN, G. (1980). Morphological studies of raspberry flowers. *Science Report, Agricultural University, Norway* 59, 1-11.
- REINHARDT, J.F. (1952). Some responses of honey bees to alfalfa flowers. *Am. Nat.* 86, 257-275.
- RICHARDS, K.W. (1991). Effectiveness of the alfalfa leafcutter bees as a pollinator of legume forage crops. *Acta Horticulturae* 288, 180-184.
- RICHARDSON, R.W. und ALVAREZ, E. (1957). Pollination relationships among vegetable crops in Mexico. I. Natural cross-pollination in cultivated tomatoes. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 69, 366-371.
- RICHMOND, R.G. (1932). Red clover pollination by honey bees in Colorado. *Colorado Agricultural*

Experimental Station Bulletin 391.

ROBERTS, D. und CONGDON, N.B. (1955). The relationship of nectar secretion (volume) and sugar concentration to insect pollination of plums (*Prunus* spp.). *New Zeal. Jour. Sci. and Tech. Sect. A*, 37 (3), 196-206.

ROBERTS, R.H. (1945). Bee pollination of delicious. *Amer. Fruit Grower* 65 (4), 16.

ROBINSON, B.B. (1937). Natural cross-pollination Studies in Fibre-Flax. *J. Am. Soc. Agron.* 29, 644-649.

ROBINSON, F.A. (1952). The use of honey bees in production of cucurbits in Florida. *Amer. Bee Jour.* 92, 326-328.

ROBINSON, W.S., NOWOGRODSKI, R. und MORSE, R.A. (1989). The value of honey bees as pollinators of US crops. *American Bee Journal* 129, 411-423, 477-487.

RODET, G., VAISSIÈRE, B.E., BRÉVAULT, T. und TORRE GROSSA, J-P. (1998). Satus of self-pollen in bee pollination efficiency of white clover (*Trifolium repens* L.). *Oecologia* 114, 93-99.

ROM, R.C. (1970). Variety and cultural considerations necessary to assure adequate pollination in apple orchards. In *The Indispensable Pollinators*, *Ark. Agr. Ext. Serv. Misc. Pub.* 127, s. 219-225.

ROOT, A.I. (1899). Bees near by almost a necessity to successful fruit-growing. *Gleanings Bee Cult.* 27, 56.

ROSENKRANZ, P., WALLNER, K., LIEBIG, G., SPÜRGIN, A. und DIETRICH, S. (2004-2008). Besonderheiten der Bienenhaltung in der Oberrheinebene – Beobachtungen im Feld. *Universität Hohenheim, Landesanstalt für Bienenkunde, Regierungspräsidien Freiburg und Karlsruhe.*

ROVERSI, A., UGHINI, V. und ALBANESE, R. (1998) Investigation on the overlapping flowering of six varieties of sweet cherries. *Proceedings of the 3rd International Cherry Symposium. Acta Hort* 468, 609-613.

RUBIS, D.D. (1970a). Bee-pollination in the production of hybrid safflower. *Report of the 9th Pollination Conference*, 43-49. Hot Springs, AK. University of Arkansas und USDA.

RUBIS, D.D. (1970b). Breeding insect pollinated crops. *Arkansas Agricultural Extension Service, Misc. Publication* 127, 19-24.

RUBIS, D.D., LEVIN, M.D. und MCGREGOR, S.E. (1966). Effects of honey bee activity and cages on attributes of thin-hull and normal safflower lines. *Crop Sci.* 6, 11-14.

RUDNEV, V.Z. (1941). [A new method of utilization of bees for pollinating lucerne.] *Sozialisticheskaya*

Zernovoye Khog. 2, 141-144. *Krasnodar out-station, Inst. Agr.* [In Russisch.]

RUNDEV, V.Z. (1994) The effect of pollination by bees of yield of sunflower seeds. *Imp. Pur. Pastures and Forage Crops, Herbage Abs.* **14**, 55-56.

RYMASHEVSKII, V.K. (1976). Nectar productivity and plant visitation by insects. In KOZIN, R.B. (ed.) *Pollination of Entomophilous Agricultural Crops by Bees*, 114-117. New Delhi: Amerind Publishing Co.

SAGAR, P. (1981). Role of insects in cross pollination of fennel crop at Ludhiana. *Report Research Punjab Agric. Univ.* 18, 388-392.

SAKAI, T. und MATSUKA, M. (1982). Beekeeping and honey resources in Japan. *Bee Wld* 63, 63-71.

SALE, P.R. (1983). In: WILLIAMS, D.A. (ed.) *Kiwifruit Culture*. Government Printer, Wellington, New Zealand.

SALE, P.R. (1984). Kiwifruit pollination. New Zealand Ministry of Agriculture and Fisheries. Aglink HPP 233.

SANDULEAC, E. (1959). [Data on the entomophilous pollination and the selection of cucurbitaceae.] *Lucr. Stiint. Stat. Cent. Seri. Apic.* 1, 129-132. [In Rumänisch.] AA-431/61.

SANDULEAC, E. (1961). The pollination of vegetable seed plants. *Apicultura* 14, 25-26. [In Rumänisch]

SANNINO, G. und PRIORE, R. (1979). Le role des abeilles (*Apis mellifera* L.) dans la culture du fraisier sous serre. *Fruits* 34, 503-506.

SANO, Y. (1977). The pollination systems of *Melilotus* species. *Oecologia Plantarum* 12, 383-394.

SARTORIUS, O. (1926). Zur Entwicklung und Physiologie der Reblüte. *Angew. Bot.* 8, 29-62, 65-89.

SAVITSKY, H. (1950). A method of determining self-fertility and self-sterility in sugar beets, based upon the stage of ovule development shortly after flowering. *Proc. Am. Soc. Sug. Beet Technol.* 6, 198-201.

SCHANDER, H. (1956a). Die schwarze Johannisbeere. *Hess. Obstb.* 11, 24-25.

SCHANDER, H. (1956b). Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss der Honigbienen auf den Ertrag der Kultursorten von *Ribes nigrum*. *Gartenbauwissenschaft* 3, 284-291.

SCHAUB, I.O. und BAUER, L.D. (1942). Blueberries earlier and larger when cross-pollinated. *N.C. Agr. Expt. Sta. Ann. Rep.* 65, 53.

- SCHELOTTO, B. und PEREYRAS, N.L. (1971). [An evaluation of the economic significance of pollinating sunflower with bees]. *Ciencia y Abejas* 1, 7-25 (in Spanish).
- SCHUPP, J.R., KOLLER, S.I. und HOSMER, W.D. (1997). Testing a power duster for pollination of „McIntosh“ apples. *HortScience* 32, 742.
- SCHUSTER, C.E. (1925). Pollination and growing of the cherry. *Oreg. Agr. Col. Expt. Sta. Bul.* 212, s. 40.
- SCHUSTER, W. (1992). Ölpflanzen in Europa. *DLG-Verlag, Frankfurt am Main*.
- SCHWEIZ. BIENEN-ZEITUNG (1995). 118 (2), 85-86.
- SCOTT, D.H. und RINER, M.E. (1946). Inheritance of male sterility in winter squash. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 47, 375-377.
- SCOTT, R.K. und LONGDEN, P.C. (1970). Pollen release by diploid and tetraploid sugar-beet plants. *Ann. Appl. Biol.* 66, 129-135.
- SCOTT-DUPREE, C., WINSTON, M., HERGERT, G., JAY, S.C., NELSON, D., GATES, J., TERMEER, B. und OTIS, G. (eds.) (1995). *A Guide to Managing Bees for Crop Pollination*. Canadian Association of Professional Apiculturalists.
- SCULLEN, H.A. (1930). Notes on the distribution and altitude range of Oregon Bremidae (Hymenoptera). *Jour. Econ. Ent.* 23, 786-789.
- SCULLEN, H.A. (1956). Bees for legume seed production. *Oregon Agricultural Experimental Station Circular* 554.
- SCULLEN, H.A. und VANSELL, G.(A.)H. (1942). Nectar and pollen plants of Oregon. *Oreg. Agr. Expt. Sta. Bul.* 412, s. 63.
- SEATON, H.L. und KREMER, J.C. (1939). The influence of climatological factors on anthesis and anther dehiscence in the cultivated cucurbits. A preliminary report. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 36, 627-631.
- SEATON, H.L., HUTSON, R. und MUNCIE, J.H. (1936). The production of cucumbers for pickling purposes. *Michigan Agricultural Experimental Station Special Bulletin* 273.
- SEIDEL D. und EISENREICH W. (1975). Heimische Pflanzen. *Klagenfurt*.
- SEYMAN, W.S., BARNETT, W.W., THORP, R.W. und andere. (1969). Bee pollination in cucumbers for pickling. *Calif. Agr.* 23 (1), 12-14.

- SHANKS, C.H. jr. (1969). Pollination of raspberries by honeybees. *Jour. Apic. Res.* 8, 19-21.
- SHARP, N. (1970). The pollination of low bush blueberries. In *The Indispensable Pollinators*, Ark. Agr. Ext. Serv. Misc. Pub. 127, s. 177-180.
- SHARPLES, G.C., TODD, F.E., MCGREGOR, S.E. und NILNE, R.L. (1965). The importance of insects in the pollination and fertilization of the Cardinal grape. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 86, 321-325.
- SHAW, F.R. (1953). The sugar concentration of the nectar of some New England honey plants. *Glean. Bee Cult.* 81, 88-89.
- SHAW, F.R. und BAILEY, J.S. (1937). The honeybee as pollinator of cultivated blueberries. *Amer. Bee Jour.* 77, 30.
- SHAW, F.R. und BOURNE, A.I. (1936). Insects pollinating onions. *Amer. Bee Jour.* 76, 401-402.
- SHAW, F.R., BAILEY, J.S. und BOURNE, A.I. (1939). The comparative value of honeybees in the pollination of cultivated blueberries. *Jour. Econ. Ent.* 33, 872-876.
- SHAW, H.B. (1916). Self, close and cross-fertilization of beets. *Mem. N.Y. bot. Gdn.* 6, 149-152.
- SHEESLEY, B. und PODUSKA, B. (1970a). Grading bee colony strength. *Almond facts* 35 (5), 22-24.
- SHEESLEY, B. und PODUSKA, B. (1970b). Strong honeybee colonies prove value in almond pollination. *Calif. Agr.* 24 (8), 4-6.
- SHEESLEY, B. und PODUSKA, B. (1970c). Relative values of honeybees colonies for almond pollination. *Gleanings Bee Cult.* 98 (8), 486-491.
- SHEMETKOV, M.F. (1957). The use of bees for pollinating cucumbers in hot-houses and forcing-beds. *Byull. Nauch.-tekh. Inf. Inst. Pchelovodstva* 2, 21-24.
- SHEMETKOV, M.F. (1960a). [Particularities as to the utilization of bees for pollination purposes of cucumber cultures in greenhouse and hotbeds.] In *Nauchno-Issled. Inst. Pchelovod. Nauchno-Issled. Inst. Ovoshchnogo Khoz.*, s. 49-58. [In Russisch.]
- SHEPPARD, W.S., JAYCOX, E.R. und PARISE, S.G. (1979). Selection and management of honey bees for pollination of soybeans. *Proceedings IV International Symposium on Pollination. Maryland Agricultural Experimental Station Special Miscellaneous Publication* 1, 123-130.
- SHEPPERD, J.H. (1927). Sweet clover – experiments in Pasturing. *N. Dak. Agr. Expt. Sta. Bul.* 211, s. 56.

SHERMAN, W.B. und WESTGATE, P.J. (1968). Blackberry production in Florida. *Fla. Agr. Ext. Serv. Cir.* 325, s. 12.

SHOEMAKER, J.S. (1928). Cherry pollination. *Ohio Agr. Expt. Sta. Bul.* 422, s. 34.

SHOEMAKER, J.S. (1961). Pollination requirements of Flordagrاند blackberry. *Fla. State Hort. Soc. Proc.* 74, 356-358.

SHOEMAKER, J.S. und DAVIS, R.M. (1966). Blackberry production in Florida. *Fla. Agr. Ext. Serv. Cir.* 294, s. 20.

SHOEMAKER, J.S. und WESTGATE, P.J. (1966). Oklawaha blackberry. *Fla. Agr. Expt. Sta. Cir.* S-159, *Leaflet*.

SIHAG, R.C. (1986). Insect pollination increases seed production in cruciferous and umbelliferous crops. *J. Apic. Res.* 25, 121-126.

SIM, Y-G. und CHOI, Y-E. (1999) Honey bee (*Apis mellifera* L.) alluring substances in *Angelica gigas* Nakai and *Fagopyrum esculentum* Moench and pollinating effect. *Korean Journal of Apiculture* **14**(1), 23-31.

SIMONOV, I.N. (1949). Using mixed pollen in raising black currents. *Agrobiologija* 5, 133-134.

SIMS, W.L. und ZAHARA, M.B. (1968). Growing pickling cucumbers for mechanical harvesting. *Calif. Agr. Expt. Sta. and Ext. Serv.* AXT-270, s. 16.

SINHA, S.N. und VAISHAMPAYAN, S. Jr. (1995) Pollination requirements in sunflower hybrid seed production: effect of caging on bee behaviour and pollination. *Indian Bee Journal* **57**(2), 71-73.

SKINNER, J.A. (1987). Abundance and spatial distribution of bees visiting male-sterile and male-fertile sunflower cultivars in California. *Environmental Entomology* 16, 922-927.

SKINNER, J.A. (1995). Squash pollination guidelines for Tennessee growers. *University of Tennessee Cooperative Extension Service, Leaflet* SP 409-B.

SKINNER, J.A. und LOVETT, G. (1992). Is one visit enough? Squash pollination in Tennessee. *American Bee Journal* 132, 815.

SKREBTSOVA, N.D. (1957). [The role of bees in pollinating strawberries.] *Pchelovodstvo, Mosk.* 34, 34-36.

SKREBTSOVA, N.D. (1964). [The use of pollinating activity of honey bees for developing hybrid vegetable

seed.] *Trud. Nauch. Issled. Inst. Pchelovod. Selsk. Khoz. Rybnoe*, s. 223-245. [In Russisch, englische Zusammenfassung.]

SLADEN, F.W.L. (1912). *The Humble-Bee: Its Life History and How to Domesticate it*. Macmillan, London.

SLADEN, F.W.L. (1918). Pollination of alfalfa by bees of the genus *Megachile*. *Canad. Ent.* 50 (9), 301-304.

SLATE, W.L. (1927). Report of the director. *Conn. Agr. Sxpt. Sta. Bul.* 291, 91-111.

SMARAGDOVA, N.P. (1956). [Selective ability of bees in pollinating plants.] *Uchen. Zap. Moskov. gos. Univ.* (183), 97-102. [In Russisch.] AA-394/60.

SMIRNOV, V.M. (1954). Cross-pollination of flax by bees. *Pchelovodstvo, Mosk.* 9, 53-55.

SMITH, H.B. (1927). Annual versus biennial growth habits and its inheritance in *melilotus alba*. *Amer. Jour. Bot.* 14, 129-146.

SMITH, H., PANKIW, P., KREUTZER, G. und andere. (1971). Honey bee pollination in Manitoba. *Manitoba Dept. Agr. Pub.* 525, s. 16.

SMITH, M.V. (1953). Legume pollination in Ontario. *Ontario Dept. Agr. Cir.* 139, s. 7, rev.

SMITH, M.V. (1960). Legume pollination in Ontario. *Ontario Dept. Agr., Toronto*, s. 7.

SMITH, M.V. und BRADT, O.A. (1967). Fruit pollination. *Ontario Dept. Agr., Agr. and Food Pub.* 172, s. 13.

SMITH, O. (1935). Pollination and life history studies of the tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *N.Y. (Cornell) Agr. Expt. Sta. Mem.* 184, s. 16.

SMITH, R.H. und JOHNSON, W.C. (1969). Effect of Boron on white clover nectar production. *Crop Sci.* 9, 75.

SOLDATOV, V.I. (1976). Economic effectiveness of bees as pollinators of agricultural crops. In Kozin, R.B.: *Pollination of Enomophilous Agricultural Crops by Bees*. 125-134. *New Dehli: Amerind Publishing Co.*

SOSUNKOV, V.I. (1953). Cross-pollination in vines. *Sad. Ogorod* 5, 26-27.

SOVOLEVA, E.M. (1952). Bees and lucerne production. *Pchelovodstvo, Mosk.* 29, 39-41.

SPANGLER, H.G. und MOFFETT, J.O. (1979). Honey bee visits to tomato flowers in polyethylene greenhouses. *South African Bee Journal* Vol. 51, Nr. 5, s. 18-23.

- SPÜRGIN, A. (1989). Die Honigbiene; vom Bienenstaat zur Imkerei. *Ulmer Verlag*.
- SRIVASTAVA, R.P. und SINGH, I. (1970). Floral biology, fruit-set, fruit-drop and physico-chemical characters of sweet cherry (*Prunus Avium L.*). *Indian Jour. Agr. Sci.* 40, 400-420.
- STANDIFER, L. und MCGREGOR, S.E. (1977). Using honey bees to pollinate crops. *US Department of Agriculture, Leaflet 549*.
- STANGHELLINI, M.S., AMBROSE, J.T. und SCHULTHEIS, J.R. (1997). The effects of honey bee and bumble bee pollination on fruit set and abortion of cucumber and watermelon. *American Bee Journal* 137, 386-391.
- STECHE, W. (1959). [Effect of pollination by bees on yield and fruit formation in the pear Fondant de Charneu.] *Erwerbsobstbau* 1 (7), 132-134. [In Deutsch.] AA-315/60.
- STEINHAEUER, A.L. (1970). Honey bee pollination of cucumbers in Maryland. *Amer. Bee Jour.* 110, 12-13.
- STEINHAEUER, A.L. (1971). The pollination of cucumbers in Maryland. *Am. Bee J.* 111, 224-225.
- STEPHEN, W.A. (1970). Honey bees for cucumber pollination. *American Bee Journal* 110, 132-133.
- STEPHEN, W.A. (1970b). Cucumber pollination – meeting the challenge effectively. In *The Indispensable Pollinators, Ark. Agr. Ext. Serv. Misc. Pub.* 127, s. 110-111.
- STEPHEN, W.P. (1955). Alfalfa pollination in Manitoba. *Jour. Econ. Ent.* 48, 543-548.
- STEPHEN, W.P. (1958). Pear pollination studies in Oregon. *Oreg. Agr. Expt. Sta. Tech. Bul.* 43, s. 43.
- STEPHEN, W.P. (1961). Artificial nesting sites for the propagation of the leaf-cutter bees, *Megachile (Eutricharaea) rotundata*, for alfalfa pollination. *Jour. Econ. Ent.* 54, 989-993.
- STEPHEN, W.P. (1962). Propagation of the leaf-cutter bee for alfalfa seed production. *Oreg. Agr. Expt. Sta. Bul.* 586, s. 16.
- STEPHEN, W.P. (1965). Artificial beds for alkali bee propagation. *Oreg. Agr. Expt. Sta. Bul.* 598, s. 20.
- STEREVA, R. (1962). On certain questions of the biology of lucerne flowering and fertilization. *Izv. Dobrudz selskestop. nauč – izsled. Inst. Tolbuhin, Bulgaria* 3, 177-189.
- STESHENKO, F.N. (1958). The role of honeybees in cross-pollinating grape vines. *Pchelovodstvo, Mosk.* 35, 37-40.

- STEWART, D. (1946). Insects as a Minor Factor in Cross Pollination of Sugar Beet. *Proc. Am. Soc. Sug. Beet Technol.* 4, 256-258.
- STÖRTZER, M., WOLFRAM, B., SCHURICHT, W. und MÄNNEL, R. (1992). Steinobst. *NeumannVerlag, Deutschland.*
- STONER, A.K. (1971). Commercial production of greenhouse tomatoes. *U.S. Dept. Agr., Agr. Handb.* 382, s. 32.
- STOUT, A.B. (1921). Types of Flowers and Intersexes in grapes with reference to Fruit Development. *Tech. Bull. N.Y. St. Agric. Exp. Stn.* 82.
- STUBBS, C.S. und DRUMMOND, F.A. (1997). Management of the alfalfa leafcutting bee, *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae), for pollination of wild lowbush blueberry. *Journal of the Kansas Entomological Society* 70, 81-93.
- SVENDSEN, O. (1990). Undersogelser over honningbiernes betydning for bestovningen i varraps (*Brassica napus*). *Tidsskrift-for-Planeavl., Dänemark.*
- SZABO, T.I. und SMITH, M.V. (1970). The use of *Megachile rotundata* for the pollination of greenhouse cucumber. In *The Indispensable Pollinators, Ark. Agr. Ext. Serv. Misc. Pub.* 127, s. 95-105.
- SZABO, Z. und NYEKI, J. (1996). Flowering phenology of plum cultivars under Hungarian ecological conditions. *Proceedings of the 2nd International workshop on pollination. Acta Hort* 423, 23-29.
- SZABO, Z., NYEKI, J., SZEL, I., PEDRYC, A. und SZALAY, L. (1998) Low temperature injury in peach and nectarine cultivars. *Fourth International Peach Symposium, Vols 1 - 2, Acta Horticulturae* 465: 399-404.
- SZKLANOWSKA, K. (1992) Pollen yield of some ornamental trees and bushes from the Rosaceae family. *Pszczelnicze Zeszyty Naukowe* 36, 65-73.
- SZKLANOWSKA und KAZIMIERA (1991) The influence of some factors of pollen yield of flowers. *Sixth Pollination Symposium, Acta Horticulturae* 288.
- SZKLANOWSKA, K. und WIENIARSKA, J. (1985). Wartość pszczelarska i plonowanie 10 odmian malin (*Rubus idaeus*) *Pszczelnicze Zeszyty Naukowe* 29, 231-251.
- SZKLANOWSKA, K. und WIENIARSKA, J. (1993) The effect on yield by the bees visits on raspberry flowers (*Rubus idaeus* L.) the successive ramifications in inflorescence. In *Sixth international symposium on Rubus and Ribes*, Skierniewice, Poland, 3-10 Juli (edited by SMOLARZ, K.; ZMARLICKI, K..J. *Acta Horticulturae* (1993)

No. 352, 231-235.

TAMADA, T., IWAGAKI, H. und ISHIKAWA, S. (1977). The pollination of rabbiteye blueberries in Tokyo. *Acta Horticulturae* 61, 335-341.

TANNER, G. (2010). Development of a Method for the Analysis of Neonicotinoid Insecticide Residues in Honey using LC-MS/MS and Investigations of Neonicotinoid Insecticides in Matrices of Importance in Apiculture. *Diplomarbeit, Universität Wien*.

TEPEDINO, V.J. (1981). The pollination efficiency of the squash bee (*Peponapis pruinosa*) and the honey bee (*Apis mellifera*) on summer squash (*Cucurbita pepo*). *Journal of the Kansas Entomological Society* 54, 359-377.

THÄTER, W. (1993). Das Zeidlerwesen: Grundlagen der heutigen Imkerei. *München: Ehrenwirth*.

THAKUR, R.K., GUPTA, J.K. und DOGRA, G.S. (1992) Influence of temperature and humidity on nectar sugar production in *Rubus ellipticus* (Smith). *Indian Bee Journal* 54 (1-4), 99-102.

THOMAS, R.G. (1987). Reproductive development. In: BAKER, M.J. und WILLIAMS, W.M. (eds) *White Clover*. CAB International, Wallingford, UK.

THOMAS, W. (1951). Bees for pollinating red clover. *Gleanings in Bee Culture* 79, 137-141.

THOMPSON, M.M. und LIU, L.J. (1972). Pollination and erratic bearing in "Italian Prunes". *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 97, 489-491.

THOMPSON, R.C., DOOLITTLE, S.P. und CAFFREY, D.J. (1955). Growing pumpkins and squashes. *U.S. Dept. Agr. Farmers' Bul.* 2086, s. 30.

THORP, R.W. und MUSSEN, E. (1979). Honey bees in almond pollination. *University of California Cooperative Extension Service, Leaflet* 2465.

TODD, F.E. (1957). Insect pollination of legumes. In *Wheeler, W.A. und Hill, D.D., eds., Grassland Seeds. D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, N.J.*

TODD, F.E. und REED, C.B. (1970). Brood Measurement as a valid index to the value of honey bees as pollinators. *Jour. Econ. Ent.* 63, 148-149.

TODD, F.E. und VANSELL, G.H. (1952). *Proceedings of the 6th International Grassland Congress 1952*, 835-840.

TORCHIO, P.F. (1985). Field experiments with the pollinator species, *Osmia lignaria propinqua* Cresson, in

apple orchards: V, (1979-1980). Methods of introducing bees, nesting success, seed counts, fruit yields (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 58, 448-464.

TORCHIO, P.F. (1987). Use of non-honey bee species as pollinators of crops. *Proceedings of the Entomological Society of Ontario* 118, 111-124.

TORCHIO, P.F. (1990b). *Osmia ribifloris*, a native bee species developed as a commercially managed pollinator of highbush blueberry (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 63, 427-436.

TOTH, T. (2008). Sublethal effects of imidacloprid and amitraz on *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae) larval development and larval susceptibility to *Varroa destructor* Anderson & Trueman (Mesostigmata: Varroidae). *University of Florida, Gainesville, Florida*.

TRAYNOR, J. (1993). Almond Pollination Handbook. *Kovac Books, Bakersfield, California*.

TREHERNE, R.C. (1923). The relation of insects to vegetable seed production. *Rep. Queb. Soc. Prot. Pl.* 15, 47-59.

TUFTS, W.P. (1919). Pollination of the Bartlett pear. *Calif. Agr. Expt. Sta. Bul.* 307, 369-390.

TUFTS, W.P. und PHILP, G.L. (1923). Pear pollination. *Calif. Agr. Expt. Sta. Bul.* 373, s. 36.

TUFTS, W.P. und PHILP, G.L. (1925). Pollination of the sweet cherry. *Calif. Agr. Expt. Sta. Bul.* 385, s. 28.

TUKEY, H.B. (1925). An experience with pollenizers for cherries. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 21, 69-73.

TYDEMAN, H.M. (1943). The influence of different pollens on the growth and development of the fruit in apples and pears. *East Malling Res. Sta. Ann. Rpt.*, s. 31-34.

TYSDAL, H.M. (1940). Is tripping necessary for seed setting in alfalfa? *Amer. Soc. Agron. Jour.* 32, 570-585.

TYSDAL, H.M. (1946). Influence of tripping, soil moisture, plant spacing and lodging on alfalfa seed production. *Amer. Soc. Agron. Jour.* 38, 515-535.

TYSDAL, H.M., KIESSELBACH, T.A. und WESTOVER, H.L. (1942). Alfalfa breeding. *Nebr. Agr. Expt. Sta. Res. Bul.* 124, s. 46.

UNIVERSITY OF ARIZONA (1970). Melons and cucumbers need bees. *Ariz. Agr. Expt. Sta. and Coop. Ext. Serv. Folder* 90, k.s.

UTAH AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION. (1950). Growing alfalfa for seed in Utah. *Utah Agr.*

Expt. Sta. Cir. 125, s. 72.

VAISSIÉRE, B.E., RODET, G., COUSIN, M., BOTELLA, L. und TORRÉ GROSSA, J-P. (1996). Pollination effectiveness of honey bees (Hymenoptera: Apidae) in a kiwifruit orchard. *Journal of Economic Entomology* 89, 453-461.

VANSELL, G.H. (1934). Relation between the nectar concentration in fruit blossoms and the visits of honeybees. *Jour. Econ. Ent.* 27, 943-945.

VANSELL, G.H. (1942). Factors affecting the usefulness of honey bees in pollination. *U.S. Dept. Agr. Cir.* 650, s. 31.

VANSELL, G.H. (1946). Bees and pear pollination. *Oreg. State Hort. Soc. Proc.* 37, 51-53.

VANSELL, G.H. (1951). Honey bee activity on Ladino clover florets. *Jour. Econ. Ent.* 44, 103.

VANSELL, G.H. (1952). Pollination studies. *U.S. Dept. Agr., Pacific States Bee Cult. Field Lab., Davis, Calif., First Quart. Rpt. Of Prog.*, s. 17.

VANSELL, G.H. und De ONG, E.R. (1925). A survey of beekeeping in California and the honeybee as a pollinizer. *Calif. Agr. Expt. Sta. Cir.* 297, s. 22.

VANSELL, G.H. und ECKERT, J.E. (1941). Nectar and Pollen plants of California. *Bull. of the Agric. Exp. Sta. of the Univ. of Cal.* 517.

VANSELL, G.H. und GRIGGS, W.H. (1952). Honey bees as agents of pollination. *U.S. Dept. Agr. Yearbook 1952*: 88-107.

VANSELL, G.H. und TODD, F.E. (1946). Alfalfa tripping by insects. *Journal of the American Society of Agronomy* 38, 470-488.

VANSELL, G.H. und TODD, F.E. (1947). Honeybees and other bees pollinate the alfalfa seed crop in Utah. *Gleanings Bee Cult.* 75, 136-139.

VARIS, A. L. und BRAX, R. (1990). Effect of bee pollination on yield and yield components of field bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Agricultural Science in Finland* 62, 45 -49, Finnland.

VARMA, S.K. und JOSHI, N.K. (1983). Studies on the role of honey bees in the pollination of Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). *Indian Bee J.* 45, 57-58.

VEATCH, C. (1930). Vigor in soybeans as affected by hybridity. *Jour. Amer. Soc. Agron.* 22, 289-310.

- VELICHKOV, V. (1961). Sweet clover (*Melilotus*). *Pchelarstvo*, 38, 12-15.
- VERDIEVA, M.G. und ISMAILOVA, M.K. (1960). [The influence of bee pollination on the increase of the crop from feed squash.] *Pchelovodstvo* 37 (9), 40-41. [In Russisch.] AA-951/63.
- VERKERK, K. (1957). The pollination of tomatoes. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 5, 37-54.
- VERMEULEN, L. und PELERENTS, C. (1965). Effect of the honeybee on fruit setting. *Fruitrev. [Belgien]* 1-4. [In Holländisch] AA-792/71.
- VERSEHORA, D. (1962). [Buckwheat and its importance for Apiculture.] *Apicultura* 15 (6), 11-14. Bukarest. [In Rumänisch.] AA-765/65.
- VILA, V.P.V., MARTINHO, M.R., SEDIYAMA, T. und FREIRE, J.A.H. (1989). Effect of africanised bees, *Apis mellifera* L. in the hybridization and productivity of soybeans *Glycine max* (L.) Merrill. 32nd *International Congress of Apicultural Apimondia, Brazil*. pp. 414-415. Bucharest: Apimondia Publishing House.
- WAITE, M.B. (1895). The pollination of pear flowers. *U.S. Dept. Agr. Div. Veg. Path. Bul.* 5, s. 86.
- WAITE, M.B. (1899). Pollination of pomaceous fruit. *U.S. Dept. Agr. Yearbook* 1898, 167-180.
- WAKHLE, D. M., NAIR, K.S. und PHADKE, R. P. (1978). Effect of bee-pollination on the oil and protein content in the seeds of sunflower (*Helianthus annuus* L.), *Indian Bee Journal* 40, 1-2, India.
- WALLER, G.D. (1983). Pollination of entomophilous hybrid seed parents: hybrid onions. In: JONES, C.E. und LITTLE, R.J. (eds) *Handbook of Experimental Pollination Biology*. van Nostrand Reinhold Co., New York.
- WALSTROM, R.J., PADDOCK, F.B., PARK, O.W. und WILSIE, C.P. (1951a). Red clover pollination at various distances from honey bee colonies. In *Iowa State Apiarist Rpt.* 1950, s. 51-52.
- WALSTROM, R.J., PADDOCK, F.B., PARK, O.W. und WILSIE, C.P. (1951b). Red clover pollination. *Amer. Bee Jour.* 91, 244-245.
- WARAKOMSKA, Z., KOLASA, Z. und WRÓBLEWSKA, A. (1982). Biologia kwitnienia i zapylania warzyw baldaszkowych. Czesc I: Koper ogrodowy (*Anethum graveolens*). *Acta Agrobotanica* 35, 69-78.
- WARREN, L.O. (1961). Pollinating cucumbers with honeybees. *Ark. Farm Res.* 10 (2), 7.
- WARREN, L.O. (1967). Pollination of peaches and cucumbers. *Apiary Bd. Bul. (Ark.)* 4 (4), 1-2.

- WAUGH, F.A. (1900). Propagation of plums-preliminary report. *Vt. Agr. Expt. Sta. 13th Ann. Rep.*, 333.
- WAWRYN T. (1978). The influence of Alar 85 on the flower structure and seed yield of tetraploid red clover. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roslin* 134, 107 – 113, Polen.
- WEAVER, N. (1957). The pollination of White Clover. *Texas Agric. Exp. Sta., College Station, Texas Am. Bee J.* Vol. 97/Nr. 8.
- WEAVER, N. und FORD, R.N. (1953). Pollination of crimson clover by honeybees. *Texas Agricultural Experimental Station Progress Report* 1557.
- WEAVER, N., ALEX, A.H. und THOMAS, F.L. (1953). Pollination of Hubam clover by honeybees. *Texas Agricultural Experimental Station Progress Report* 1559.
- WEBER, C.R., EMPIG, L.T. und THORNE, J.C. (1970). Heterotic performance and combining ability of two-way F1 soybean hybrids. *Crop Sci.* 10, 159-160.
- WEINSTEIN, A.I. (1926). Cytological studies on *Phaseolus vulgaris*. *Am. J. Bot.* 13, 245-263.
- WEISS, M.G. (1949). Soybeans. *Adv. in Agron.* 1, 77-157.
- WEISS, M.G., WEBER, C.R. und KALTON, R.R. (1947). Early generation testing in soybeans. *Jour. Amer. Soc. Agron.* 39, 791-811.
- WELDON, G.P. (1918). Pear growing in California. *Calif. State Commr. Hort. Monthly Bul.* 7, 219-410.
- WELLINGTON, R. [A.] (1913). Raspberry breeding. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc. 10th Ann. Mtg.*, s. 155-159.
- WELLINGTON, R. (1956). Artificial pollination of Eumelan grape. *Fruit. var. Hort. Dig.* 11, 21-22.
- WELLINGTON, R., HATTON, R.G. und AMOS, J.M. (1921). The “running off” of black currants. *J. Pomol.* 2, 160-198.
- WENHOLZ, H. (1933). Plant breeding in New South Wales. (Sixth year of progress 1931-32). *New South Wales Department of Agriculture, Science Bulletin* 41.
- WENTZ, J.B. und STEWART, R.T. (1924). Hybrid vigor in soybeans. *Jour. Amer. Soc. Agron.* 16, 534-540.
- WEST, G.H. (1912). The pollination of apples and pears. *Kans. State Hort. Soc. Trans.* 32, 38-50.
- WHEELER, W.A. (1950). Forage and pasture crops. s. 752. *D. Van Nostrand Co., Inc., New York.*

- WHEELER, W.A. und HILL, D.D. (1957). Grassland seeds. s. 734. D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, N.J.
- WHITAKER, T.W. und DAVIS, G.N. (1962). Cucurbits, botany, cultivation and utilization. s. 250. Leonard Hill (Books) Ltd., London; Interscience Publishers, Inc., New York.
- WHORNHAM, G. (1936). Alfalfa seed investigations and other crop varietal studies, Millard County, Utah, 1929-33 (inclusive). *Utah Agr. Expt. Sta. Bul.* 268, s. 24.
- WICKS, W.H. (1918). The effect of cross-pollination on size, color, shape, and quality of the apple. *Ark. Agr. Expt. Sta. Bul.* 143, s. 32.
- WILLIAMS, I.H. (1991a). The pollination of linseed. *The 6th International Symposium on Pollination. Tillburg, Die Niederlande, August 1990. Acta Horticulturae* 288, 234-237.
- WILLIAMS, I.H. (1991b). Research into the pollination of alternative crops at Rothamsted. *A.F.R.C. Institute of Arable Crops Research, Rothamsted Exp. Sta., Harpenden, Herts., AL5 2JQ.*
- WILLIAMS, I.H. (1994). The dependence of crop production within the European Union on pollination by honey bees. *Agricultural Zoology Reviews* 6, 229-257.
- WILLIAMS, I.H. und FREE, J.B. (1974). The pollination of onion (*Allium cepa* L.) to produce hybrid seed. *J. appl. Ecol.* 11, 409-418.
- WILLIAMS, I.H. und SIMPKINS, J. (1989). Honeybee pollination of the double low oilseed rape cultivar Ariana. *Aspects of Applied Biology, UK.*
- WILLIAMS, I.H., SIMPKINS, J.R. und MARTIN, A.P. (1991). Effect of insect pollination on seed production in linseed (*Linum usitatissimum*). *Jour. Of Agric. Sci, Cambridge* 117, 75-79.
- WILLIAMS, R.D. (1931). Self- and cross-sterility in white clover. *Welsh Plant Breed. Sta., Ser. H* (12), 209-216.
- WINKLER, A.J. (1962). *General Viticulture*. Berkeley and Los Angeles: University of California Press.
- WINSOR, J.A., DAVIS, L.E. und STEPHENSON, A.G. (1987). The relationship between pollen load and fruit maturation and the effect of pollen load on offspring vigor in *Cucurbita pepo*. *American Naturalist* 129, 643-656.
- WOLFENBARGER, D.O. (1962). Honey bees increase squash yields. *Fla. Agr. Expt. Sta. Sunshine State Agr. Res. Rpt.* 7 (1), 15, 19.

- WOOD, G.J. (1975). Pollination trail on blackcurrants. *Commercial Grower* 30, 17.
- WOOD, G.W. (1962). The period of receptivity in flowers of the lowbush blueberry. *Canad. Jour. Bot.* 40, 685-686.
- WOOD, G.W. (1968). Self-fertility in the lowbush blueberry. *Canad. Jour. Plant Sci.* 48, 431-433.
- WOOD, G.W., CRAIG, D.L. und HALL, I.V. (1967). Highbush blueberry pollination in Nova Scotia. In *Blueberry Culture in Europe, Internatl. Symposium Working Group, Venlo, Netherlands*, s. 163-168.
- WOODHOUSE, E.J. und TAYLOR, C.S. (1913). The varieties of soybeans found in Bengal, Bihar and Orissa and their commercial possibilities. *Mem. Dep. Agric. India. Bot. Ser.* 5, 103-175.
- WOODROW, A.W. (1932). The comparative value of different colonies of bees in pollination. *Jour. Econ. Ent.* 25, 331-336.
- WOODROW, A.W. (1933). The comparative value of different colonies of bees for fruit pollination. *N.Y. (Cornell) Agr. Expt. Sta. Mem.* 147, s. 29.
- WOODROW, A.W. (1934). The effect of colony size on the flight rates of honeybees during the period of fruit bloom. *Jour. Econ. Ent.* 27, 624-629.
- WOODROW, A.W. (1952a). Effect of time of pollination by honey bees on red clover seed yields. *Jour. Econ. Ent.* 45, 517-519.
- WOYKE, H.W. (1981). Some aspects of the role of the honeybee in onion seed production in Poland. *Acta Horticulture* 111, 91-98.
- WOYKE, H.W., BARANOWSKA, T. und ROSZAK, S. (1982). The role of honey-bees in cauliflower (*Brassica oleracea*, var. *botrytis* L.) pollination. *Abstracts XXI International Horticultural Congress, Hamburg, 1982*, 1139.
- WOYKE, H.W., BARANOWSKA, T. und ROSZAK, S. (1983). The role of honey-bees in cauliflower pollination. *Biuletyn Warzywniczy Supplement*, 7-17.
- WURM, BACHINGER, RÖGNER, SCHREIBER, PIEBER, SPORNBERGER (2002). Marillen, Anbau- Pflege- Verarbeitung, Aprikosen; *Österreichischer Agrarverlag*.
- YAKOVLEV, A. S. (1959). Pollination of orchards by bees increases the productivity of the work of horticulturalists. *Pchelovodstvo, Mosk.* 36, 22-25.

YAKOVLEVA, L.P. (1975). Utilization of bees for pollination of entomophilous farm crops in the USSR. In: *Proceedings of the 3rd International Symposium on Pollination*, 199-208.

YAMADA, I. und EBARA, K. (1952). [Studies on the fertilization of red clover *Trifolium pratense*, by bumble bees and honey bees.] *Hokkaido Nat. Agr. Expt. Sta. Rpt. No. 45*, s. 33. [In Japanisch, englische Zusammenfassung.]

YANG, E.C., CHUANG, Y.C., CHEN, Y.L. und CHANG, L.H. (2008). Abnormal Foraging Behavior Induced by Sublethal Dosage of Imidacloprid in the Honey bee (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Econ. Entomology*, Vol. 101, Nummer 6, Dez. 2008, s. 1743-1748(6).

ZAKHAROV, G.A. (1958). Bees in the pollination of black currents and gooseberries. *Pchelovodstvo, Mosk.* 35, 29-33.

ZAKHAROV, G.A. (1960a). Role of supplementary pollination with pollen of a different species in increasing the yield of black currant. *Agribiologiya*, 461-462.

ZALESKI, A. (1956). Lucerne investigation. II. Pollination and seed setting in Lucerne strains. *Jour. Agr. Sci.* 48, 236-244.

ZIVIV, V. und SKVORCOV, S. (1951). [Methods of improving pollination of clovers by honey bees.] *Selek. i Semen.* 18 (6), 63-64. [In Russisch.] Abstract in *Herbage Abstracts* 22 (2), 86-87.